

**APLIKASI *PRE-TREATMENT VACUUM COOLING* DAN PROSES *COATING*
MENGUNAKAN F-RAY (*FRUIT SPOILAGE DELAY*) TERHADAP UMUR
SIMPAN TOMAT SEGAR PASCA PANEN**

Oleh:

EMERALD FALAH BRAYOGA

NIM 145100101111006

**Sebagai salah satu syarat untuk memperoleh
gelar Sarjana Teknologi Pertanian**



**JURUSAN TEKNOLOGI HASIL PERTANIAN
FAKULTAS TEKNOLOGI PERTANIAN
UNIVERSITAS BRAWIJAYA**

2018

LEMBAR PERSETUJUAN

Judul : Aplikasi *Pre-treatment Vacuum Cooling* dan Proses
Coating Menggunakan F-RAY (*Fruit Spoilage Delay*)
terhadap Umur Simpan Tomat Segar Pasca Panen

Nama Mahasiswa : Emerald Falah Brayoga

NIM : 145100101111006

Jurusan : Teknologi Hasil Pertanian

Fakultas : Teknologi Pertanian

Malang, 15 Januari 2018

Pembimbing I, Pembimbing II,

Dr. Erryana Martati, STP., MP
NIP. 19691126 199903 2 003

Yusuf Hendrawan STP., M.App.Life. Sc., Ph.D
NIP. 19810516 200312 1 002

Tanggal Persetujuan :

LEMBAR PENGESAHAN

Judul : Aplikasi *Pre-treatment Vacuum Cooling* dan Proses
Coating Menggunakan F-RAY (*Fruit Spoilage Delay*)
terhadap Umur Simpan Tomat Segar Pasca Panen

Nama Mahasiswa : Emerald Falah Brayoga

NIM : 145100101111006

Jurusan : Teknologi Hasil Pertanian

Fakultas : Teknologi Pertanian

Malang, 15 Januari 2018

Dosen Penguji I,

Dosen Penguji II,

Dr. Erryana Martati, STP., MP
NIP. 19691126 199903 2 003

Yusuf Hendrawan STP., M.App.Life. Sc., Ph.D
NIP. 19810516 200312 1 002

Ketua Jurusan
Jurusan Teknologi Hasil Pertanian
Universitas Brawijaya

Prof. Dr. Teti Estiasih, STP., MP.
NIP. 19701226 200212 2 001

Tanggal Persetujuan :

RIWAYAT HIDUP



Penulis dilahirkan di Malang, 3 Februari 1997 dari ayah yang bernama Armada Brayoga dan ibu bernama Yeny Rachmawati. Penulis merupakan anak pertama dari dua bersaudara. Penulis telah menyelesaikan pendidikan di TK Negeri Pembina Batu pada tahun 2003, kemudian melanjutkan pendidikan sekolah dasar di MIN Malang 1 dan lulus pada tahun 2009. Penulis melanjutkan pendidikan di SMP Negeri 1 Malang dan lulus pada tahun 2011. Penulis melanjutkan pendidikan di SMA Negeri 3 Malang dan lulus pada tahun 2014. Pada tahun 2014, penulis melanjutkan pendidikan di Universitas Brawijaya, Malang dengan program studi Ilmu dan Teknologi Pangan, Jurusan Teknologi Hasil Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian.

Selama masa perkuliahan, penulis juga aktif sebagai pengurus Agritech Research and Study Club (ARSC) sebagai anggota muda Bidang Penulisan dan Kompetisi (Periode 2014/2015), staf Bidang Penulisan dan Kompetisi (Periode 2015/2016), dan Pengurus Harian ARSC periode 2016/2017. Penulis juga aktif terlibat dalam berbagai kepanitiaan di antaranya sebagai staf divisi HPDD PILKAHIM Himalogista 2014, sekretaris I Himalogista Anniversary 2015, staf divisi acara OPJH 2015, staf divisi acara RUA HMPPI 2015, staf divisi acara PKK FTP 2016, koordinator Marketing dan Publikasi Scientific Great Moment 7, *Steering Committee* Scientific Great Moment 8 FTP UB, dan *Steering Committee* SIENTESA 2017. Selain mengikuti berbagai kepanitiaan, penulis juga pernah mengikuti Program Kreativitas Mahasiswa dan meraih medali emas presentasi di Pekan Ilmiah Mahasiswa Nasional XXIX bidang PKM Karsa Cipta. Penulis juga aktif sebagai asisten praktikum diantaranya adalah Fisika, Mikrobiologi Umum, dan Mikrobiologi Pangan. Pada tahun 2017, penulis juga mengikuti kegiatan pengabdian masyarakat di Lombok Tengah dalam kegiatan YOUCAN Empower dan terpilih menjadi Mahasiswa Berprestasi II FTP 2017. Pada tahun 2018, penulis telah berhasil menyelesaikan pendidikannya dan mendapat gelar Sarjana Teknologi Pertanian.

Karya ini aku persembahkan untuk Ayah, Bunda, Yoga, dan Oma

PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama Mahasiswa : Emerald Falah Brayoga

NIM : 145100101111006

Jurusan : Teknologi Hasil Pertanian

Fakultas : Teknologi Pertanian

Judul TA : Aplikasi *Pre-treatment Vacuum Cooling* dan Proses *Coating* Menggunakan F-RAY (*Fruit Spoilage Delay*) terhadap Umur Simpan Tomat Segar Pasca Panen

Menyatakan bahwa,

TA dengan judul di atas merupakan karya asli penulis tersebut di atas. Apabila di kemudian hari terbukti pernyataan ini tidak benar, saya bersedia dituntut sesuai hukum yang berlaku.

Malang, 15 Januari 2018

Pembuat pernyataan,

Emerald Falah Brayoga
NIM 145100101111006

Emerald Falah Brayoga. 145100101111006. Aplikasi *Pre-treatment Vacuum Cooling* dan Proses *Coating* Menggunakan F-RAY (*Fruit Spoilage Delay*) terhadap Umur Simpan Tomat Segar Pasca Panen. TA. Pembimbing : Dr. Erryana Martati, STP., MP dan Yusuf Hendrawan STP., M.App.Life. Sc., Ph.D

RINGKASAN

Tomat adalah komoditas pertanian yang bergizi dan banyak digunakan sebagai bahan pangan. Pada musim panen, banyak tomat yang mudah membusuk sebelum sempat dijual. Teknologi *vacuum cooling* dapat mengurangi panas lapang sehingga mengurangi aktivitas respirasi buah. Sedangkan *edible coating* dapat menghambat kontak dengan udara luar sehingga mengurangi risiko kontaminasi mikroorganisme. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh *pre-treatment vacuum cooling* dan proses pelapisan *edible coating* dengan menggunakan alat preservasi otomatis yaitu F-RAY (*Fruit spoilage Delay*) pada tomat segar pasca panen.

Percobaan ini dilakukan dalam dua tahap. Langkah pertama adalah karakterisasi *edible coating* yang dibuat dari 0,5, 1 dan 2% pektin. Langkah kedua adalah penerapan *edible coating* yang dikombinasikan dengan F-RAY pada tomat. Tomat yang diolah disimpan selama 14 hari pada suhu kamar. Umur simpan diukur dengan menggunakan metode ASLT Model Arrhenius dan pengamatan organoleptik berbasis. Parameter yang diamati selama penyimpanan adalah persentase susut bobot, warna, tekstur, rasa, dan pengamatan visual.

Hasil penelitian yang didapat, perlakuan ini mampu memperpanjang masa simpan tomat sampai 13-14 hari, 2 kali lebih lama dibandingkan dengan tomat yang dikendalikan (tanpa *treatment*) selama 6-7 hari.

Kata kunci: *edible coating*, tomat, umur simpan, *vacuum cooling*

Emerald Falah Brayoga. 145100101111006. Application of Pre-treatment Vacuum Cooling and Edible Coating Process Using F-RAY (Fruit Spoilage Delay) on the Shelf Life of Fresh Tomatoes. RESEARCH PAPER. Supervisors: Dr. Erryana Martati, STP., MP and Yusuf Hendrawan STP., M.App.Life. Sc., Ph.D

SUMMARY

Tomatoes are nutritious and widely used for food. In harvesting season, a lot of tomatoes become rotten before it get sold. Vacuum cooling technology combined with application of edible coating can reduce the respiration activity and the risk of microorganisms contamination. This study aims to determine the effect of pre-treatment vacuum cooling and edible coating process using automatic preservation machine of F-RAY (Fruit spoilage Delay) on post-harvest fresh tomatoes.

This experiment was done in two steps. First step was characterization of edible coating prepared from 0.5, 1 and 2% of pectin. Second step was application of edible coating combined with F-RAY in tomatoes. The treated tomatoes were stored for 14 days at room temperature. The shelf life was measured using Arrhenius Model ASLT method and based organoleptic observation. The parameters observed during the storage were the percentage of weight loss, color, taste, texture, and visual observation.

Results showed that the shelf life of tomatoes can be extended up to 13-14 days which were 2 times longer than untreated tomatoes of 6-7 days.

Key Words: edible coating, shelf life, tomatoes, vacuum cooling

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Tuhan Yang Maha Esa atas segala rahmat dan anugerah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Proposal Tugas Akhir yang berjudul “Aplikasi *Pre-treatment Vacuum Cooling* dan Proses *Coating* Menggunakan F-RAY (*Fruit Spoilage Delay*) terhadap Umur Simpan Tomat Segar Pasca Panen” dengan baik. Penulis ingin menyampaikan terima kasih kepada:

1. Kedua orang tua tercinta bapak Armada Brayoga dan Ibu Yeny Rachmawati yang selalu memberikan dukungan baik moril maupun materiil, serta doa yang selalu dipanjatkan demi kelancaran penulis.
2. Dr. Erryana Martati, STP., MP. selaku dosen pembimbing I Tugas Akhir yang selalu membantu dan memberikan arahan yang sangat berarti bagi penulisan laporan ini.
3. Yusuf Hendrawan STP., M.App.Life. Sc., Ph.D, selaku dosen pembimbing II Tugas Akhir sekaligus pembimbing PKM yang selalu memberikan motivasi dan semangat sekaligus arahan dalam mengerjakan laporan ini.
4. Dr. Teti Estiasih, STP. MP selaku ketua jurusan Teknologi Hasil Pertanian Universitas Brawijaya.
5. Tim PKM Bhawikarsu (Ima dan Obby). Asal mula bertemu tim yang sehat dalam membuat karya tulis. Bersyukur bisa bertemu orang-orang keren seperti kalian.
6. Seluruh anggota Tim PKM FTP Ceria yaitu Siti Almaidah, Alija Haydar, M. Arham, dan Fadli Yudha yang sangat kompak dan seru dalam kerja tim.
7. Bapak Dr. Ir. Anang Lastriyanto, M.Si yang sangat baik dan membantu tanpa pamrih dalam pembuatan F-RAY.
8. Keluarga TEN (Wulan, Laila, Rizka, Azizah, Megy, Rijal, Pras, Adi, dan Ghali) yang selalu ada disaat susah dan saling mendukung jalan masing-masing.
9. Keluarga YUCAN Empower Cabang Malang (Mbak Sherly, Ardian, Arni, Dimas, Kak Reyhan, Mbak Zhavirra) yang super keren dan menginspirasi.
10. Sobat Gengs (Galuh, Nepi, Ria), teman curhat yang sejak SMP sampai sekarang selalu *keep in touch* dan mendukung satu sama lain.
11. 2NE1 (Ebil dan Nate) sobat SMA yang sangat independen dan kocak tapi selalu memberikan masukan dan obrolan yang bermanfaat dalam hidup.

12. Pengurus Harian ARSC 2016/2017 (Pandu, Ujung, Yuli, Besari, Ramdhan, Casil, Hamdan, Meyla, Fadli, dan Meris) yang saling mendukung satu sama lain.
13. Seluruh anggota ARSC khususnya Bidang Penulisan dan Kompetisi yang berisi orang-orang keren dan berprestasi.
14. Teman-teman Pejuang THP 2014 yang selalu solid.
15. Dan kepada semua pihak yang telah membantu, sehingga proposal ini dapat diselesaikan.

Penulis menyadari bahwa proposal Tugas Akhir ini masih memiliki banyak kekurangan. Oleh karena itu, saran dan kritik yang membangun penulis harapkan untuk menjadikan proposal ini lebih baik. Demikian proposal ini penulis buat. Penulis berharap semoga tulisan ini dapat bermanfaat bagi semua pihak yang memerlukannya.

Malang, Februari 2018

Penulis

DAFTAR ISI

Halaman Judul.....	i
Lembar Persetujuan	ii
Lembar Pengesahan	iii
Riwayat Hidup	iv
Halaman Peruntukan	v
Pernyataan Keaslian Tugas Akhir	vi
Ringkasan	vii
Summary	viii
Kata Pengantar	ix
Daftar Isi	xi
Daftar Gambar	xii
Daftar Tabel.....	xiii
 BAB I Pendahuluan	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan	3
1.4 Manfaat	3
 BAB II Tinjauan Pustaka	
2.1 Tomat	4
2.2 Perubahan Buah Pasca Panen Selama Penyimpanan	7
2.3 Respirasi Pada Buah	9
2.4 <i>Pre-cooling</i>	12
2.5 Vacuum Cooling	14
2.6 <i>Edible Coating</i>	15
2.7 Pektin	19
 BAB III Metode Pelaksanaan	
3.1 Tempat dan Waktu Penelitian.....	22
3.2 Alat dan Bahan.....	22
3.3 Pendekatan Penelitian	22
3.4 Prosedur Penelitian.....	24
3.5 Diagram Alir Tahapan Kegiatan	28
 BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	
4.1 Tahapan Pembuatan <i>edible coating</i>	29
4.2 Karakterisasi <i>Edible coating</i>	29
4.3 Penentuan Lama waktu Penggunaan F-RAY Untuk Buah Tomat.....	30
4.4 Tahap Aplikasi.....	31
3.5 Tahap Pengujian	31
 BAB V PENUTUP	
5.1 Tahapan Pembuatan <i>edible coating</i>	36
5.2 Saran.....	36
DAFTAR PUSTAKA	37
LAMPIRAN	41

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Buah Tomat.....	4
Gambar 2.2 Penampang melintang buah tomat.....	5
Gambar 2.3 <i>Vacuum cooling</i>	14
Gambar 2.4 <i>Edible Coating</i>	16
Gambar 3.1 Kenampakan F-RAY	23
Gambar 3.2 Diagram alir tahapan kegiatan Penelitian.....	27
Gambar 4.1 <i>Edible Coating</i>	29
Gambar 4.2 Grafik hubungan antara lama waktu <i>vacuum cooling</i> dengan penurunan suhu air	30
Gambar 4.3 Mekanisme Alat F-RAY.....	31
Gambar 4.4 Pengaruh perlakuan terhadap susut bobot	32
Gambar 4.5 Hasil pengujian umur simpan pada tomat	33

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Tomat merupakan komoditas pertanian yang bergizi dan banyak dimanfaatkan di bidang pangan. Menurut Firmanto (2011), kandungan gizi 100 gram tomat masak diataranya adalah 20 kalori, 1 gram protein, 0,3 gram lemak, 4,2 gram lemak, 1500 mg karbohidrat, 1500 SI Vitamin A, 0,6 mg Vitamin B, 40 mg Vitamin C, 5 mg kalsium, 26 mg fosfor, 0,5 gram besi, dan 94 gram air. Kandungan air yang cukup tinggi membuat komoditas pertanian ini rentan mengalami kerusakan (*perishable*). Sifat *perishable* tersebut dapat merugikan petani sebab buah yang sudah rusak memiliki nilai jual yang rendah dan sudah tidak diminati konsumen. Buah–buahan umumnya cepat mengalami kebusukan akibat mikroorganisme pada suhu ruang dengan kadar air 65% – 80% akibat penanganan pasca panen yang kurang optimal sehingga umur simpannya rendah (Suprpti, 2004). Penanganan yang kurang optimal dapat menyebabkan buah tomat menjadi busuk sebelum sempat dijual. Oleh sebab itu, diperlukan penanganan terhadap komoditas tomat terutama ketika jumlahnya melimpah di musim panen.

Penangan komoditas pertanian pasca panen bertujuan agar komoditas dapat dikonsumsi “segar” atau untuk persiapan pengolahan berikutnya (Mutiarawati, 2007). Salah satu upaya yang dapat dilakukan untuk memperpanjang umur simpan tomat segar pasca panen adalah dengan menghambat proses respirasi buah, menghambat kerja enzim, dan mengurangi oksigen yang masuk serta menghambat pertumbuhan mikroorganisme. Menurut Sudarmadji (2014), pemberian *edible coating* pada buah segar dapat mengurangi aktivitas air sehingga aktivitas mikroba dapat dikurangi, menghambat proses respirasi dan kontak oksigen, serta mencegah susut bobot. Namun, sebelum dilakukan *edible coating* sebenarnya sudah ada mikroba yang menempel pada buah dan aktivitas enzim dalam buah masih terus berlangsung tanpa dapat dicegah. Hal tersebut tentu membuat perlakuan pelapisan (*coating*) menjadi kurang maksimal. Oleh sebab itu, diperlukan perlakuan pendahuluan (*pre-treatment*) terlebih dahulu untuk mengurangi jumlah mikroorganisme awal pada buah sebelum dilakukan pelapisan.

Menurut Shewfelt & Phillips (1996), buah segar pasca panen memiliki panas lapang yang tinggi. Hal ini mengakibatkan buah pasca panen memiliki tingkat respirasi yang tinggi. Menurut FAO (2011), peningkatan suhu pada buah segar sejalan dengan tingginya proses respirasi yang terjadi. Salah satu perlakuan pendahuluan yang dapat dilakukan sebelum pelapisan adalah *pre-cooling*. Menurut Rao (2015), *pre-cooling* merupakan proses pendinginan untuk mengambil panas lapang (*field heat*) setelah dipanen sebelum produk mengalami transportasi atau penyimpanan. Proses *pre-cooling* berguna untuk mengurangi respirasi pada buah. Namun, perlakuan *pre-cooling* konvensional seperti *hydro cooling* atau *pre-cooling* dengan air justru menambah jumlah mikroorganisme yang berasal dari air tersebut dan jumlah air permukaan. Semakin tinggi nilai aktivitas air dan paparan air, maka resiko kerusakan akan meningkat (Nollet, 2004). Untuk itu, perlu dilakukan proses *pre-treatment* guna menurunkan suhu panas lapang buah tomat setelah dipanen tanpa meningkatkan jumlah air di permukaan pada buah tomat sebelum dilakukan proses pemberian *edible coating* seperti dengan menggunakan teknologi *vacuum cooling*.

Vacuum cooling merupakan suatu teknologi pendinginan cepat pada produk dalam keadaan vakum. *Vacuum cooling* dapat menguapkan kadar air pada permukaan buah secara cepat sehingga tingkat kelembapan pada buah dapat segera diturunkan. Panas laten yang dibutuhkan untuk penguapan tersebut diambil dari buah itu sendiri sehingga terjadi penurunan panas sensibelnya dan sebagai akibatnya terjadi penurunan suhu (Arteca, 2015). Penggunaan *vacuum cooling* juga dapat menurunkan panas lapang pada buah sehingga aktivitas respirasi buah dapat diturunkan.

Kombinasi antara *vacuum cooling* dan *edible coating* diharapkan mampu memperpanjang umur simpan buah tomat. Salah satu cara untuk mengaplikasikan *vacuum cooling* dan *edible coating* pada buah tomat dapat dilakukan menggunakan alat preservasi otomatis F-RAY (*Fruit Spoilage Delay*). Oleh sebab itu, perlu dilakukan penelitian yang berjudul Aplikasi *Pre-treatment Vacuum cooling* dan Proses *Coating* Menggunakan F-RAY (*Fruit Spoilage Delay*) terhadap Umur Simpan Tomat Segar Pasca Panen.

1.2 Perumusan Masalah

- 1.2.1 Bagaimana pengaruh *pre-treatment vacuum cooling* pada proses *coating* terhadap umur simpan buah tomat?

1.3 Tujuan

- 1.3.1 Mengetahui pengaruh *pre-treatment vacuum cooling* pada proses *coating* terhadap umur simpan buah tomat

1.4 Manfaat

- 1.4.1 Bagi Akademisi

Meningkatkan khasanah ilmu pengetahuan tentang pemanfaatan teknologi *vacuum cooling* dan *edible coating* pada buah tomat.

- 1.4.2 Bagi Masyarakat

Memberikan informasi tentang teknologi *vacuum cooling* dan *edible coating*.

- 1.4.3 Bagi Pemerintah

Memberikan solusi untuk buah tomat yang mudah mengalami kebusukan khususnya pada Kementrian Pertanian.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tomat

Tomat (*Solanum lycopersicum*) merupakan salah satu tanaman asli Amerika Tengah dan Selatan, dari Meksiko sampai Peru yang sangat dikenal oleh masyarakat Indonesia (Febriansah dkk., 2012). Kandungan senyawa dalam buah tomat di antaranya solanin (0,007 %), saponin, asam folat, asam malat, asam sitrat, bioflavonoid (termasuk likopen, α dan β -karoten), protein, lemak, vitamin, mineral dan histamin (Canene *et al.*, 2005). Ukuran buah tomat juga sangat bervariasi, yang berukuran paling kecil memiliki berat rata-rata 80 gram dan yang berukuran besar memiliki berat sampai 180 gram (Wahyuningsih & Mahfut, 2008). Menurut Yanti dkk., (2016), tomat merupakan tumbuhan siklus hidup singkat yang dapat tumbuh setinggi 1 sampai 3 meter dengan buah berwarna hijau, kuning, dan merah yang biasa. Tanaman tomat dapat dilihat pada gambar 2.1. Menurut Jones (2008), tomat berdasarkan taksonominya dapat diklasifikasikan sebagai berikut:

Kingdom : Plantae

Divisi : Magnoliophyta

Kelas : Magnoliopsida

Ordo : Solanales

Famili : Solanaceae

Genus : *Solanum*

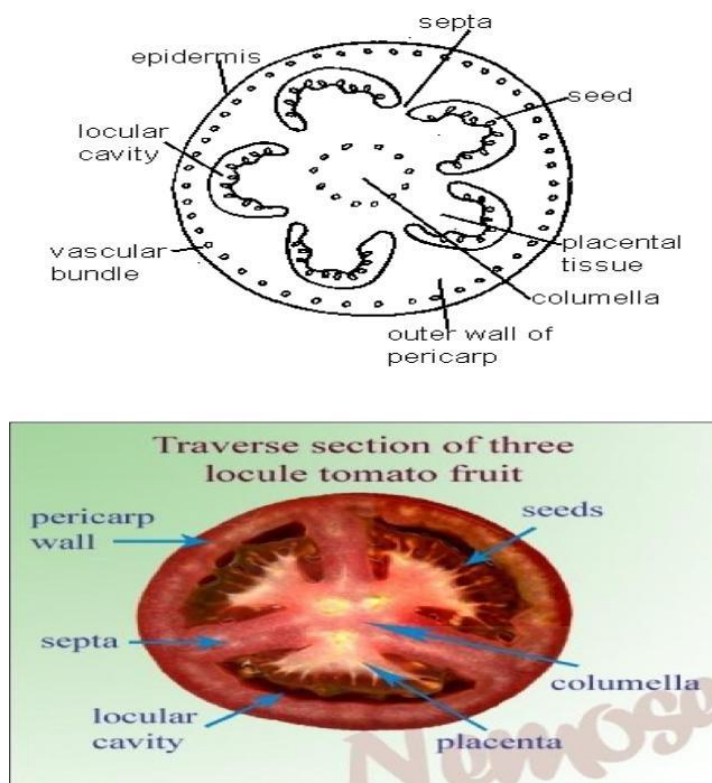
Spesies : *Solanum lycopersicum* L. var. *roma*



Gambar 2.1 Buah tomat *plum* (Jones, 2008)

Buah pada tanaman tomat berupa buah buni, berdaging, kulitnya tipis licin mengkilap, beragam dalam bentuk maupun ukurannya, dan buahnya berwarna kuning atau merah. Biji pada buah tomat biasanya banyak, bentuknya pipih, dan berwarna kuning kecoklatan. biji pada tomat berbentuk pipih, berbulu, dan diselimuti daging buah. Jumlah biji sekitar 25-85 buah (Darwin *et al.*, 2003). Meskipun tomat sering diklasifikasikan sebagai sayuran, sebenarnya buah tomat merupakan jenis dari buah *berry*. Buah *berry* yaitu buah yang dimana lapisan luarnya tipis sedangkan lapisan tengah dan dalamnya menyatu. Buah tomat berkembang dari ovarium bunga. Tomat ini berdaging karena adanya dinding pericarp dan kulit. Buah *berry* memiliki beberapa biji (Heuvelink, 2005).

Bagian-bagian buah tomat meliputi eksocarp, mesocarp, dan endocarp. Penampang melintang buah tomat dapat dilihat pada gambar 2.2. Eksocarp adalah lapisan terluar dari buah dan sering mengandung zat warna buah terdiri dari dinding pericarp dan kulit buah. Pericarp meliputi dinding luar dan dinding radial (septa) yang memisahkan rongga lokula. Mesocarp adalah lapisan yang paling dalam berupa selaput terdiri dari parenkim dengan ikatan pembuluh (jaringan tertutup) dan lapisan bersel tunggal yaitu lokula. Endocarp adalah lapisan paling dalam terdiri dari biji, plasenta, dan *columella* (Jones, 2008).



Gambar 2.2 Penampang melintang buah tomat (Jones, 2008)

Epidermis pada buah atau sayuran yang berbentuk buah biasanya dibentuk oleh sel-sel yang sangat kecil sehingga menyerupai dinding tebal yang kompak tanpa ruang antar sel kecuali pada bagian stomata dan lentisel. Bentuk sel epidermis bervariasi tergantung pada spesies dan varietas. Pada buah tomat, varietas yang tahan terhadap retakan memiliki sel epidermis berbentuk datar, sementara pada varietas yang mudah mengalami keretakan kulit, sel epidermisnya berbentuk bundar (Jones, 2008).

Sebagian besar pembelahan sel dalam pericarp berlangsung selama 10-14 hari pertama setelah berbunga. Kulit buah (eksokarp) terdiri dari lapisan epidermis luar ditambah 2-4 lapisan sel hipodermal berdinding tebal dengan kolenkim seperti bahan pengental. Dalam proses perkembangan awal buah, plasenta mulai memperluas ke lokula untuk menyerap biji dalam 10 hari pertama dan mengisi seluruh rongga lokula dalam beberapa hari berikutnya. Pada buah yang belum matang terbentuk plasenta dan setelah matang terbentuk lokula. Cairan intraseluler dapat terakumulasi dalam lokula dan protoplas tetap utuh (Jones, 2008).

Tanaman tomat adalah tanaman tahunan berumur pendek dengan masa hidup 5-6 bulan. Siklus hidup tanaman tomat Lippman *et al.*, (2008) meliputi tahap biji, vegetatif, reproduktif, dan perkembangan buah. Perkecambahan biji pada tomat termasuk dalam kategori perkecambahan epigeal, dimana radikula muncul dan diikuti dengan memanjangnya hipokotil dan membawa serta kotiledon dan plumula ke atas permukaan tanah.

Tahap biji meliputi dormansi dan germinasi. Germinasi biasanya terjadi pada kondisi optimal yang ditandai dengan munculnya radikula kira-kira 5-10 hari setelah penanaman biji. Tahap vegetatif sampai munculnya bunga pertama (awal tahap reproduktif) berlangsung sekitar 10-12 minggu. Kecambah dapat dipindahkan ke lapangan 3-6 minggu setelah penanaman benih.

Tahap reproduktif merupakan tahap pembungaan yaitu satu periode antara inisiasi bunga dan bunga dewasa (*mature flower*). Periode pembungaan berlangsung kurang lebih 2 minggu. Jumlah karpel dan bentuk buah ditentukan pada periode ini (Lippman *et al.*, 2008).

Tahap perkembangan buah meliputi tahap *fruit set*, *developing fruit*, *green fruit*, *breaker stage*, *turning stage*, *pink stage*, *light red stage*, dan *ripe*. *Fruit set* ditandai oleh petal dan anther mengalami *senescence* dan akhirnya gugur. Selanjutnya, buah berukuran kacang muncul. Dari titik ini sampai buah bisa

dipanen dibutuhkan 40-50 hari. *Developing fruit* ditandai oleh buah yang berwarna hijau dan sangat keras. Pembelahan sel yang intensif terjadi tetapi pertumbuhan buah secara keseluruhan berlangsung lambat, memerlukan waktu 2-3 minggu (Lippman *et al.*, 2008).

Green fruit ditandai oleh buah yang masih hijau, pertumbuhannya lebih dipercepat oleh ekspansi sel daripada pembelahan sel, sel membesar sampai 20 kali lipat. Periode ini berlangsung sekitar 3-5 minggu, buah hampir mencapai ukuran akhir dan berubah warna yaitu buah yang masih hijau pertumbuhannya dipercepat dengan ekspansi sel daripada pembelahan sel. Sel membesar hingga 20 kali lipat. Periode ini memakan waktu sekitar 3-5 minggu, buah hampir mencapai ukuran akhir dan berubah warna (Lippman *et al.*, 2008).

Breaker stage ditandai oleh dimulainya perubahan struktural dan perubahan kimia yang berlangsung cepat yang menentukan aroma buah, warna, tekstur dan sebagainya. Buah memulai perubahan warna menjadi kuning, merah jambu atau merah menempati tidak lebih dari 10% permukaan buah. *Turning stage* dicirikan oleh 10- 30 % dari permukaan buah berwarna kuning, merah muda atau merah. *Pink stage* dicirikan oleh 30-60% permukaan buah berwarna merah muda. *Light red stage* dicirikan oleh 60-90% dari permukaan berwarna merah. *Ripe* atau matang jika 90% dari permukaan buah telah mencapai warna akhir, biasanya berwarna merah terang. Buah tomat matang mengakumulasi sejumlah besar lycopene karotenoid, seperti pola ekspresi gen yang terjadi dalam buah hijau selama pematangan buah (Lippman *et al.*, 2008).

2.2 Perubahan yang Terjadi pada Buah Pasca Panen

Buah-buahan yang dipanen merupakan bentuk benda hidup. Oleh karena itu komposisi dan mutunya mengalami perubahan-perubahan karena berlanjutnya kegiatan metabolisme setelah panen. Karakteristik penting produk pasca panen buah adalah bahan tersebut masih hidup dan masih melanjutkan fungsi metabolisme. Akan tetapi metabolisme tidak sama dengan tanaman induknya yang tumbuh dengan lingkungan aslinya, karena produk yang telah dipanen mengalami berbagai bentuk stress seperti hilangnya suplai nutrisi (Trisnawati, 2011). Ketika masih terdapat pada tanaman hidup, kehilangan karena transpirasi dapat diganti oleh cairan tanaman yang mengandung air, mineral-mineral, dan bahan-bahan hasil fotosintesis. Sesudah panen maka

kehilangan substrat dan air tidak dapat diganti dan mulailah proses kemunduran (Apandi, 1984).

Penanganan setelah panen sering kurang mendapatkan perhatian sehingga hasil produksi pertanian sering rusak sebelum sampai ditangan konsumen. Jika penanganan panen dan pasca panen tidak bagus, dalam beberapa hari saja buah tomat akan kehilangan vigornya, terlihat mengkerut atau berair membusuk (Risni, 2015). Tomat merupakan salah satu komoditas hortikultura terbesar setelah kentang yang bersifat perishabel atau mudah rusak (Risni, 2015). Mikroorganisme pembusuk akan mendapatkan kondisi pertumbuhannya yang ideal dengan adanya peningkatan suhu, kelembaban dan siap menginfeksi produk melalui pelukaan-pelukaan yang sudah ada. Selama transportasi ke konsumen, produk hortikultura pascapanen mengalami tekanan fisik, getaran, gesekan pada kondisi dimana suhu dan kelembaban dapat memacu proses pelayuan (Utama, 2001). Adapun perubahan secara umum yang terjadi pada buah pasca panen menurut Utama (2001) adalah sebagai berikut:

A. Perubahan Berat

Penyimpanan suhu tinggi menyebabkan proses fisiologis buah meningkat sehingga mengakibatkan buah selama penyimpanan mengalami proses respirasi dan transpirasi. Kehilangan air selama penyimpanan tidak hanya menurunkan berat, tetapi juga menurunkan mutu dan menimbulkan kerusakan. Penurunan berat buah pada penyimpanan dengan suhu dingin relatif lebih kecil. Fluktuasi suhu secara berkala dengan membiarkan buah pada suhu ruang beberapa lama, menyebabkan kehilangan air pada buah yang disimpan pada suhu berfluktuasi relatif lebih besar.

B. Perubahan Tekstur

Seiring dengan bertambahnya waktu penyimpanan, secara perlahan buah mulai menjadi lunak dan berair. Pelunakan buah selama penyimpanan disebabkan oleh penurunan sifat permeabilitas dinding sel yang menyebabkan hilangnya kemampuan menggelembung sel. Akibat lain dari kehilangan permeabilitas ini adalah cairan sel dapat terlepas ke ruangan ekstra seluler dan jaringan pembuluh. Gas-gas yang mengisi ruangan ini terganti oleh cairan sehingga terjadi perubahan struktur, hal inilah yang menyebabkan pelunakan tekstur ada buah.

C. Cita Rasa

Cita rasa buah rusak karena beberapa sebab, kemungkinan yang paling sering terjadi adalah karena kandungan zat-zat di dalam buah juga ikut menghilang akibat penyimpanan pada suhu yang tidak tepat sehingga sangat berpengaruh terhadap cita rasa buah.

Selama penanganan pasca panen, buah juga mengalami perubahan nutrisi. Kandungan nutrisi pada buah dapat berupa vitamin A dan C, kandungan mineral, serat pangan, karbohidrat, protein, *antioxidan phytochemical* (*carotenoid*, *flavonoid*, dan senyawa fenol lainnya). Faktor-faktor keamanan yang juga mempengaruhi kualitas buah segar adalah residu dari pestisida, keberadaan logam berat, mikotoksin yang diproduksi oleh berbagai spesies fungi dan kontaminasi dari mikroba. Dari segi penampilan dan organoleptik, buah segar pasca panen juga akan mengalami perubahan, termasuk didalamnya ukuran, bentuk, warna, dan ada tidaknya kerusakan dan luka pada buah. Sedangkan yang dimaksud dengan *flavor* adalah pengukuran tingkat kemanisan (*sweetness*), keasaman (*acidity*), *astringency*, rasa pahit (*bitterness*), dan aroma (Winarno, 2004).

2.3 Respirasi pada Buah

Respirasi merupakan suatu aktivitas yang dilakukan oleh mikroorganisme hidup baik tumbuhan, manusia maupun hewan. Menurut Winarno (2004), respirasi merupakan proses pernafasan dan metabolisme dengan menggunakan O₂ dalam pembakaran senyawa makromolekul seperti karbohidrat, protein dan lemak yang akan menghasilkan CO₂, air, dan sejumlah energy. Beberapa senyawa penting yang dapat digunakan untuk mengukur proses respirasi ini adalah glukosa, ATP, CO₂ dan O₂ (Winarno, 2004).

Adapun perubahan biokimia yang terjadi selama proses respirasi adalah sebagai berikut:



Respirasi adalah suatu proses yang melibatkan terjadinya penyerapan oksigen (O₂) dan pengeluaran karbondioksida (CO₂) serta energi yang digunakan untuk mempertahankan reaksi metabolisme dan reaksi lainnya yang terjadi di dalam jaringan (Luo, 2010). Buah-buahan dan sayuran merupakan komoditi yang

mempunyai sifat mudah rusak atau perishable karena mempunyai karakteristik sebagai makhluk hidup (Will *et al.*, 1981), dan tidak mempunyai kemampuan untuk mempertahankan hidupnya.

Buah menurut pola respirasinya, terbagi menjadi 2 kelompok yaitu buah pola pernafasaan klimaterik dan nonklimaterik. Buah pola pernafasan klimaterik akan mengalami peningkatan laju produksi etilen dan CO₂. Sedangkan buah nonklimaterik tidak akan mengalami peningkatan laju produksi etilen dan CO₂. Etilen merupakan suatu hormon berbentuk gas yang dihasilkan secara alami oleh buah- buahan yang mana gas tersebut dapat menyebabkan perubahan- perubahan karakteristik tertentu.

Faktor-faktor yang mempengaruhi laju respirasi terbagi dua, yaitu;

A. Faktor Internal

Semakin tinggi tingkat perkembangan organisme, maka akan semakin banyak jumlah CO₂ yang dihasilkan. Susunan kimiawi jaringan mempengaruhi laju respirasi, pada buah-buahan yang banyak mengandung karbohidrat, maka laju respirasi akan semakin cepat. Produk yang lebih kecil ukurannya mengalami laju respirasi lebih cepat daripada buah yang besar, karena mempunyai permukaan yang lebih luas yang bersentuhan dengan udara sehingga lebih banyak O₂ berdifusi ke dalam jaringan. Pada produk-produk yang memiliki lapisan kulit yang tebal, laju respirasinya rendah, dan pada jaringan muda proses metabolisme akan lebih aktif dari pada jaringan lebih tua (Pantastico, 1986).

B. Faktor Eksternal

Umumnya laju respirasi meningkat 2-2,5 kali tiap kenaikan 10°C. Pemberian etilen pada tingkat praklimaterik akan meningkatkan respirasi buah klimaterik. Kandungan oksigen pada ruang penyimpanan perlu diperhatikan karena semakin tinggi kadar oksigen, maka laju respirasi akan semakin cepat. Konsentrasi CO₂ yang sesuai dapat memperpanjang umur simpan buah-buahan dan sayuran karena terjadi gangguan pada respirasinya. Kerusakan atau luka pada produk juga sebaiknya dihindari karena dapat memicu terjadinya respirasi sehingga umur simpan produk semakin pendek (Pantastico, 1986).

Tumbuhan melakukan respirasi untuk menghasilkan energi guna melakukan proses fotosintesis. Tumbuhan yang telah mengalami pasca panen akan tetap mengalami proses respirasi dengan laju yang lebih tinggi dibandingkan saat masih tertanam dipohonnya. Respirasi yang dilakukan oleh buah akan menghasilkan panas yang mana sangat penting dalam menghitung

kebutuhan refrigerasi dan ventilasi selama penyimpanan. Laju kerusakan komoditas biasanya berbanding lurus dengan laju respirasinya.

Tumbuhan terutama tumbuhan tingkat tinggi, untuk memperoleh makanan sebagai kebutuhan pokoknya agar tetap bertahan hidup, tumbuhan tersebut harus melakukan suatu proses yang dinamakan proses sintesis karbohidrat yang terjadi di bagian daun satu tumbuhan yang memiliki klorofil, dengan menggunakan cahaya matahari. Cahaya matahari merupakan sumber energi yang diperlukan tumbuhan untuk proses tersebut. Tanpa adanya cahaya matahari, tumbuhan tidak akan mampu melakukan proses fotosintesis, hal ini disebabkan kloropil yang berada di dalam daun tidak dapat menggunakan cahaya matahari karena klorofil hanya akan berfungsi bila ada cahaya matahari (Pantastico, 1986).

Konsentrasi O_2 yang rendah dapat berpengaruh terhadap laju respirasi dan penurunan proses oksidasi substrat, pematangan tertunda, dan sebagai akibatnya umur komoditi menjadi lebih panjang, perombakan klorofil tertunda, produksi C_2H_4 rendah, laju pembentukan asam askorbat berkurang, perbandingan asam- asam lemak tak jenuh berubah, laju degradasi senyawa pektin tidak secepat seperti dalam udara normal. Bila kandungan CO_2 dalam ruang penyimpanan bertambah, jumlah CO_2 yang terlarut dan bergabung dengan beberapa zat penyusun dalam sel pun meningkat (Pantastico, 1986).

Proses respirasi pada buah sangat bermanfaat untuk melangsungkan proses kehidupannya. Proses respirasi ini tidak hanya terjadi pada waktu buah masih berada di pohon, akan tetapi setelah dipanen buah-buahan juga masih melangsungkan proses respirasi. Dalam proses ini oksigen diserap untuk digunakan pada proses pembakaran yang menghasilkan energi dan diikuti oleh pengeluaran sisa pembakaran dalam bentuk CO_2 dan air.

Pada buah klimaterik, terjadi kondisi penurunan jumlah CO_2 yang dikeluarkan, kemudian pada saat mendekati *senescence* produksi CO_2 kembali meningkat dan selanjutnya menurun lagi. Pada buah nonklimaterik, terjadi penurunan jumlah CO_2 yang dihasilkan buah-buahan secara perlahan sampai pada saat *senescence*.

Produk pertanian yang berbeda kemungkinan mempunyai laju respirasi yang berbeda pula, umumnya tergantung pada struktur morfologi dan tingkat perkembangan jaringan bagian tanaman tersebut. Secara umum, sel-sel muda yang tumbuh aktif cenderung mempunyai laju respirasi lebih tinggi dibandingkan

dengan yang lebih tua atau sel-sel yang lebih dewasa. Masa simpan produk dapat diperpanjang dengan menempatkannya dalam lingkungan yang dapat memperlambat laju respirasi dan transpirasi melalui penurunan suhu produk, mengurangi ketersediaan O_2 atau meningkatkan konsentrasi CO_2 , dan menjaga kelembaban nisbi yang mencukupi dari udara sekitar produk (Utama, 2001).

Respirasi adalah suatu proses yang melibatkan terjadinya penyerapan oksigen (O_2) dan pengeluaran karbondioksida (CO_2) serta energi yang digunakan untuk mempertahankan reaksi metabolisme dan reaksi lainnya yang terjadi di dalam jaringan. Beberapa faktor yang dapat mempengaruhi laju respirasi dapat dikelompokkan menjadi dua yaitu faktor eksternal (faktor lingkungan) dan faktor internal. Faktor eksternal atau lingkungan diantaranya adalah temperatur, komposisi udara dan adanya kerusakan mekanik (Kays, 1991). Ketiga faktor ini merupakan faktor penting yang dapat mempercepat laju respirasi. Sedangkan faktor internal antara lain jenis komoditi (klimaterik atau nonklimaterik) dan kematangan atau tingkat umurnya, akan menentukan pola respirasi yang spesifik untuk setiap jenis buah-buahan dan sayuran (Nurjanah, 2002).

Menurut Nurjanah (2002), produksi etilen pada buah-buahan akan bervariasi tergantung pada tipe atau jenisnya. Pada buah-buahan klimaterik, produksi etilen cenderung untuk naik secara bertahap sesudah panen, sementara pada buah nonklimaterik produksi etilennya tetap dan tidak memperlihatkan perubahan yang nyata. Laju respirasi dan produksi etilen berhubungan erat dengan daya simpan produk, maka untuk memaksimalkan umur simpan kedua faktor ini harus diketahui sebelum produk tersebut disimpan.

2.4 Pre-cooling

Pre-cooling atau pendinginan awal, adalah pendinginan cepat untuk mengambil panas sensibel (*field heat*) sebelum produk mengalami transportasi atau penyimpanan. Suhu produk diturunkan dalam waktu beberapa menit atau beberapa jam, sehingga produk tetap segar. Tujuan umum *pre-cooling* adalah memperlambat respirasi, menurunkan kepekaan terhadap mikroba, mengurangi jumlah air yang hilang, memudahkan pemindahan ke ruang pendingin. Pada proses *pre-cooling* komersial, *pre-cooling* dilakukan hingga suhu mencapai 7/8 kali perbedaan suhu lapang dan suhu akhir yang diinginkan (1/8 sisa suhu hilang pada saat transportasi atau penyimpanan dingin) (Rao, 2015).

Pendinginan produk adalah menurunkan laju perubahan-perubahan selama pemasakan dan kemunduran selanjutnya, memperlambat kepekaan

terhadap beberapa jenis kerusakan fisik, mengurangi kehilangan air dan memperlambat atau menghentikan pertumbuhan dan penyebaran kebusukan (Utama, 2001). Produk harus didinginkan secepatnya karena produk akan mengalami kemunduran secara cepat kalau pendinginan lambat. Pendinginan cepat membantu untuk mempertahankan kelembaban produk selama penyimpanan dingin. Namun segera setelah produk dingin, aliran angin dijaga seminimal mungkin untuk menghindari kehilangan air. Menurut Wills *et al.* (1981) laju pendinginan sangat ditentukan oleh :

1. Perbedaan suhu produk dengan pendinginan atau *coolant*
2. Banyaknya kontak yang dicapai antara produk dan pendingin
3. Konduktivitas termal dari produk dan pengemas

Peyimpanan produk dengan kontak es (*contact ice*) atau timbun es (*top ice*) dapat memberikan pre cooling yang efektif, baik dengan cara menaburkan hancuran es sehingga terjadi kontak dengan produk maupun menaruhnya diatas tumpukan peti kemas. Pendinginan dengan air (*hydrocooling*) adalah cara pendinginan yang populer. Jika dilakukan secara baik, mungkin cara ini yang paling cepat dan efektif untuk menghilangkan kalor. Untuk mendapatkan hasil yang baik, suhu air seharusnya mendekati titik beku (Soersarsono, 1981).

Air merupakan konduktor yang baik dari energy panas dibandingkan dengan udara. *Hydrocooling* bisa berlangsung lebih cepat bila kontak air dengan produk lebih banyak dan suhu yang ada sebisa mungkin 0°C. Di Negara-negara maju, *hydrocooling* dilakukan dengan cara menempatkan produk pada konveyor yang dilewatkan di bawah shower yang menyembrotkan air dingin. *Hydrocooling* dapat juga membersihkan produk dari sisa-sisa kotoran setelah proses pemanenan, akan tetapi metode ini juga bisa menimbulkan kontak antara produk dengan mikroorganisme pengganggu. Hal ini biasa terjadi bila produk masih bercampur dengan tanah atau masih dalam keadaan kotor. Keuntungan lain dari pendinginan *hydrocooling* ini adalah kecilnya kehilangan berat bahan selama proses (Kader, 2000).

Lama pendinginan dan waktu pendinginan dengan *hydrocooling* sangat dipengaruhi oleh ukuran dan densitas produk. Secara umum, produk besar dan padat membutuhkan waktu pendinginan yang lebih lama dibandingkan produk yang lebih kecil. *Pre cooling* produk hortikultura setelah dipanen dimaksudkan untuk menghilangkan panas lapang secara cepat dan menghambat aktivitas metabolisme. Menurut Nusa (2015), keadaan ini dapat mengurangi tingkat

kerusakan bahan dan akan memperpanjang umur penyimpanan melalui: penurunan aktivitas enzimatis dan respirasi. Kelembaman relatif yang tinggi akan menghambat kehilangan air dari jaringan, penurunan aktivitas produksi gas etilen serta kegiatan metabolisme lainnya. Penanganan dan penyimpanan dengan suhu rendah merupakan metode fisik yang dapat dimanfaatkan untuk mengontrol kehilangan hasil pascapanen.

2.5 Vacuum Cooling

Pendinginan vakum (*vacuum cooling*) adalah salah satu metode yang digunakan untuk *pre-cooling* sayuran berdaun dan beberapa jenis buah. Mekanismenya adalah buah atau sayur diletakkan di dalam ruang vakum dan udara ditarik habis menggunakan pompa vakum hingga air dalam jaringan buah mulai mendidih. Panas laten yang dibutuhkan untuk penguapan tersebut diambil dari produk itu sendiri sehingga terjadi penurunan panas sensibelnya dan sebagai akibatnya terjadi penurunan suhu (Arteca, 2015). Gambaran teknologi *vacuum cooling* dapat dilihat pada gambar 2.3.



Gambar 2.3 *Vacuum Cooling* (Heldman, 2003)

Produk dapat didinginkan selama 20 hingga 30 menit menggunakan vacuum cooling dengan hanya kehilangan sedikit air. Pendinginan vakum sangat populer pada pra-pendinginan sayuran berdaun karena dua keunggulannya yang utama, yaitu laju pendinginan cepat dan sebaran suhu seragam pada seluruh bahan (Rao, 2015). Tekanan udara di ruang pendinginnya berkisar 4.6 mmHg (Arthey, 1996). Meskipun vacuum cooling biasanya digunakan pada sayuran hijau yang umumnya memiliki permukaan yang luas, teknologi ini juga dapat diaplikasikan pada buah-buahan (Rao, 2015).

Prinsip dari pendinginan ini menurut Wang (2001) dicapai melalui penguapan air. Kondisi *vacuum cooling* adalah menurunkan tekanan udara dalam chamber sampai 4.6 mmHg dimana air bebas menguap dari produk pada suhu 0°C. Produk dikemas dan ditempatkan dalam *chamber* yang kuat berbentuk seperti tangki minyak. Di dalam tangki atau *chamber* tersebut terdapat koil yang mengkondensasikan uap air dari produk menjadi air yang selanjutnya dikeluarkan melalui kran. Tangki ini harus betul-betul kuat dan kedap udara.

Cara pendinginan ini baik dilakukan untuk produk yang mempunyai rasio luas permukaan dan volume tinggi seperti selada. Produk lain yang dapat didinginkan dengan cara ini adalah seladri batang, wortel, jagung manis, bunga kol dan kapsikum. Alat ini cukup mahal, namun memberikan kelebihan yaitu, pertama, pendinginan sangat cepat dengan waktu pendinginan sekitar setengah jam untuk sekitar empat tumpukan pallet. Suhu dapat diturunkan sampai mendekati suhu optimalnya (0°C) setelah setengah jam panen. Untuk produk yang sangat ringkih, metode pendinginan ini menghasilkan retensi mutu yang sangat baik dan memaksimalkan masa simpan. Kedua, air yang menguap dari setiap sel dalam produk hampir seragam. Kehilangan air didistribusikan pada setiap sel dari produk. Menurut penelitian Langkong (2017), selada yang didinginkan dengan cara ini lebih renyah dibandingkan dengan cara *forced-air cooling* dengan jumlah kehilangan airnya sama. Keuntungan ketiga adalah penggunaan *vacuum cooling* dapat dilakukan terhadap produk yang dikemas dimana terdapat pengemas internal.

2.6 Edible Coating

Edible Coating adalah suatu lapisan tipis yang rata, dibuat dari bahan yang dapat dikonsumsi, dibentuk atas komponen makanan, dapat memberikan tahanan terhadap penguapan air, gas oksigen, karbondioksida, dan transfer lemak dalam sistem pangan (Krochta *et al.*, 1997). *Coating* dapat juga digunakan untuk melekatkan bumbu-bumbu pada makanan ringan dan meningkatkan daya tahan produk dari serangan mikroorganisme (Perez *et al.*, 2002).

Aplikasi polisakarida biasanya dikombinasikan dengan beberapa pangan fungsional seperti resin, *plasticizers*, surfaktan, minyak, lilin (*waxes*), dan *emulsifier* yang memiliki fungsi memberikan permukaan yang halus dan mencegah kehilangan uap air (Krochta *et al.*, 1997). *Edible coating/film* berbahan dasar polisakarida seperti pektin yang berperan sebagai membran permeabel

yang selektif terhadap pertukaran gas O₂ dan CO₂ sehingga dapat menurunkan tingkat respirasi pada buah dan sayuran (Krochta *et al.*, 1997).

Edible packaging dapat dikelompokkan menjadi 2 bagian, yaitu yang berfungsi sebagai pelapis (*edible coating*) dan berbentuk lembaran (*edible film*). *Edible coating* banyak digunakan untuk pelapis produk daging beku, makanan semi basah (*intermediate moisture foods*), produk konfeksionari, ayam beku, produk hasil laut, sosis, buah-buahan dan obat-obatan terutama untuk pelapis kapsul (Krochta *et al.*, 1997). Gambar *edible coating* berbasis pektin dapat dilihat pada gambar 2.4.



Gambar 2.4 *Edible coating* berbasis pektin (Dokumen Pribadi, 2016)

Edible coating adalah lapisan tipis kontinyu yang terbuat dari bahan bisa dimakan, digunakan di atas atau di antara produk pangan, berfungsi sebagai penahan (*barrier*) perpindahan massa (uap air, O₂, CO₂) atau sebagai pembawa (*carrier*) bahan tambahan makanan, seperti zat anti mikrobial dan antioksidan (Krochta *et al.*, 1997). Fitriani (2003) menyatakan bahwa *edible coating* adalah lapisan tipis yang dapat diaplikasikan dengan cara pencelupan, penyikatan, atau penyemprotan untuk memberikan penahan yang selektif terhadap perpindahan gas, uap air dan bahan terlarut serta perlindungan terhadap kerusakan mekanis.

Pelapisan atau *coating* tidak hanya melapisi metal dari korosi, tetapi juga mencegah kontak antara makanan dengan logam yang dapat menghasilkan warna atau cita rasa yang tidak diinginkan. Misalnya warna hitam yang dihasilkan dari reaksi antara besi atau timah dengan sulfida pada makanan yang berasam rendah atau pemucatan pigmen merah pada sayuran atau buah-buahan, seperti bit atau anggur karena reaksi dengan baja, timah, dan alumunium (Winarno, 2004).

Menurut Ghasemzadeh *et al.* (2008), penggunaan *edible coating* memberikan 4 keuntungan, yaitu:

1. Cocok untuk produk pangan
2. Mengurangi pencemaran lingkungan
3. Berpengaruh besar terhadap komponen rasa
4. Menambah nilai gizi

Ghasemzadeh *et al.* (2008) mengatakan bahwa aplikasi dari *edible coating* atau *edible film* dapat dikelompokkan antara lain:

A. Sebagai Kemasan Primer Dari Produk Pangan

Contoh penggunaannya, yaitu pada permen, sayuran, buah-buahan segar, sosis, daging dan produk hasil laut

B. Sebagai *Barrier*

Beberapa contoh *edible coating* sebagai *barrier* meliputi *Edible coating* yang terbuat dari zein (protein jagung) terdiri dari zein, minyak sayuran, BHA, BHT, dan etil alkohol digunakan untuk produk-produk konfeksionari, seperti permen dan coklat. *Fry shield* terdiri dari pektin, remahan roti dan kalsium, digunakan untuk mengurangi lemak pada saat penggorengan, seperti pada penggorengan *french fries*.

Gellan gum yang direaksikan dengan garam mono atau bivalen yang membentuk film merupakan *barrier* yang baik untuk absorpsi minyak pada bahan pangan yang digoreng, sehingga menghasilkan bahan dengan kandungan minyak yang rendah.

Film Zein dapat bersifat sebagai *barrier* untuk uap air dan gas pada kacang-kacangan dan buah-buahan, diaplikasikan pada kismis untuk sereal dan sarapan siap santap (*ready to eat-breakfast cereal*).

C. Sebagai Pengikat (*Blinding*)

Edible film juga dapat diaplikasikan pada *snack* atau *crackers* yang diberi bumbu sebagai pengikat atau adesif bumbu yang diberikan agar dapat lebih melekat pada produk. Pelapisan ini berguna untuk mengurangi lemak pada bahan yang diberi penambahan bumbu.

D. Sebagai Pelapis (*Glaze*)

Edible film dapat bersifat sebagai pelapis untuk meningkatkan penampilan dari produk-produk *bakery*, yaitu menggantikan pelapisan dengan telur. Keuntungan pelapisan ini adalah dapat menghindari masuknya mikroba yang dapat terjadi jika dilapisi dengan telur.

Edible coating telah banyak diaplikasikan ke dalam produk pangan sebelum penggorengan. Menurut Ghasemzadeh *et al.* (2008), penggunaan *edible coating* bermanfaat untuk melindungi komponen nutrisi pada makanan, khususnya buah dan sayur serta dapat memperpanjang daya tahan makanan. Awalnya, penggunaan *edible coating* diperoleh dari kulit buah dan sayur yang berupa lapisan tipis dari komponen pelapis yang dapat melindungi buah dan sayur terhadap hilangnya air, oksigen, dan komponen lain yang terdapat dalam bahan pangan.

Edible coating bekerja dengan membuat atmosfer termodifikasi di sekitar komoditas, hampir sama dengan kondisi penyimpanan dengan kontrol atmosfer atau modifikasi atmosfer. Atmosfer termodifikasi yang diciptakan *edible coating* mampu melindungi makanan mulai saat diaplikasikan hingga pada konsumen akhir. Kemampuan *film* dan *coating* yang terbukti mampu membatasi transfer uap air dari lingkungan menjadi kunci pada produk gorengan yang lebih renyah. Selain itu, *edible film* dan *coating* berperan sebagai pengontrol transfer uap air, oksigen, karbondioksida, lipida, dan komponen flavor yang dapat mencegah dan meningkatkan umur simpan produk makanan (Astuti, 2010).

Wong *et al.* (1994), menyatakan bahwa secara teoritis *edible coating* harus memiliki kemampuan sebagai berikut:

1. Mampu menahan kehilangan kelembaban produk
2. Memiliki permeabilitas selektif terhadap gas tertentu
3. Mengendalikan perpindahan padatan terlarut untuk mempertahankan warna pigmen alami dan gizi
4. Menjadi pembawa bahan aditif seperti pewarna, pengawet dan penambah aroma yang memperbaiki mutu bahan pangan

Bahan dasar pembuatan *edible coating* dapat digolongkan menjadi 3 kelompok, yaitu hidrokoloid (protein dan polisakarida), lipid (asam lemak dan wax) dan campuran (hidrokoloid dan lemak). Protein yang digunakan sebagai bahan dasar adalah protein jagung, kedelai, *wheat gluten*, kasein, kolagen, gelatin, *corn zein*, protein susu dan protein ikan (Krochta *et al.*, 1997). Polisakarida yang digunakan dalam pembuatan *edible coating* adalah selulosa dan turunannya (metilselulosa, karboksilmetilselulosa, hidroksipropilselulosa, hidroksipropilmetil-selulosa), pati dan turunannya (hidroksipropilamilosa), pektin, ekstrak ganggang laut (alginat, karagenan, agar), *gum* (*gum arab*, *gum karaya*), *xanthan*, dan kitosan.

Bahan dasar pembentuk *edible coating* sangat mempengaruhi sifat-sifat *edible coating* itu sendiri. *Edible coating* yang berasal dari hidrokoloid memiliki ketahanan yang baik terhadap gas O₂ dan CO₂, meningkatkan kekuatan fisik, namun ketahanan terhadap uap air sangat rendah akibat sifat hidrofiliknya. Oleh karena itu, protein dan polisakarida tidak dapat digunakan sebagai penahan (*barrier*) terhadap kelembaban pada permukaan yang mempunyai aktivitas air permukaan tinggi (Wong *et al.*, 1994). Akan tetapi, Baldwin (1994) menyatakan bahwa *edible coating* yang berasal dari polisakarida lebih unggul dalam menahan perpindahan gas dibandingkan uap air

2.7 Pektin

Herbstreith dan Fox (2005), menyatakan bahwa pektin yang dalam bahasa Latin berarti "*pectos*" dapat diartikan pengental atau yang membuat sesuatu menjadi keras/padat. Penemuan pektin pertama kali dilakukan oleh Braconnot di Perancis pada tahun 1828. Menurut Desrosier (1969), pektin merupakan substansi yang terdapat di dalam sari buah, dapat membentuk larutan koloidal dalam air, dan berasal dari perubahan protopektin selama proses pemasakan buah.

Di dalam jaringan tanaman, pektin berada dalam protopektin yang tidak larut. Protopektin dapat terhidrolisis asam, alkali atau air panas menjadi pektin yang larut. Secara alami perubahan kelarutan ini terjadi saat jaringan tanaman atau buah semakin meningkat umurnya akibat hidrolisis enzimatis oleh enzim protopektinase (Glicksman, 1969).

Menurut Glicksman (1969), *Pectin Substance* adalah istilah untuk menyebut sekaligus senyawa protopektin, asam pektinat, pektin, dan asam pektat. Definisinya sebagai berikut:

A. Substansi Pektat

Substansi pektat ialah suatu turunan karbohidrat kompleks yang bersifat koloid dan terdapat di dalam tumbuhan, sebagian besar mengandung unit-unit asam anhidrogalakuronat yang diperkirakan ada dalam kombinasi seperti rantai.

B. Protopektin

Protopektin adalah substansi pektat yang tidak larut dalam air dan terdapat pada hampir semua tumbuhan. Proses hidrolisis yang terbatas menghasilkan pektin atau asam pektinat.

C. Asam Pektinat

Senyawa koloid asam poligalakturonat yang mengandung gugus metil ester dalam jumlah tertentu. Asam pektinat dalam kondisi yang memungkinkan akan membentuk gel dengan gula, air, dan asam atau jika kadar metoksilnya turun perlu ditambahkan ion kalsium.

D. Pektin

Asam pektinat yang terdispersi dalam air dan mempunyai kandungan metil ester dan derajat netralisasi yang bervariasi serta mampu membentuk gel dengan gula dan asam pada kondisi tertentu.

E. Asam Pektat

Digunakan untuk menamakan substansi pektat yang sebagian besar terdiri dari koloid asam poligalakturonat dan tidak mengandung gugus metil ester.

Dalam SNI (1991), disebutkan bahwa pektin merupakan zat berbentuk serbuk kasar hingga halus yang berwarna putih kekuningan, tidak berbau, dan memiliki rasa seperti lendir. Glicksman (1969), menyatakan bahwa pektin kering yang telah dimurnikan berupa kristal yang berwarna putih dengan kelarutan yang berbeda-beda sesuai dengan kandungan metoksilnya. Pektin yang memiliki kadar metoksil tinggi dapat larut dalam air dingin, sedangkan pektin dengan metoksil rendah dapat larut dalam alkali dan asam oksalat. Pektin tidak larut dalam aseton dan alkohol.

Penyusun utama pektin biasanya polimer asam D-galakturonat yang terikat dengan α -1,4-glikosidik. Asam galakturonat memiliki gugus karboksil yang dapat saling berikatan dengan ion Mg^{2+} atau Ca^{2+} , sehingga berkas-berkas polimer “berlekatan” satu sama lain. Hal inilah yang menyebabkan “lengket” pada kulit. Tanpa kehadiran ion ini, pektin dapat larut dalam air. Garam-garam Mg- atau Ca-pektin dapat membentuk gel karena ikatan itu berstruktur amorf (tidak berbentuk pasti) yang dapat mengembang bila molekul air “terjerat” di antara ruang-ruang ikatan tersebut (Desrosier, 1969).

Menurut Towle dan Christensen (1973), kelarutan pektin dalam air ditentukan oleh jumlah gugus metoksil, distribusinya, dan bobot molekulnya. Secara umum, kelarutan akan meningkat dengan menurunnya bobot molekul dan meningkatnya gugus metil ester. Namun, pH, suhu, jenis pektin, garam, dan adanya zat organik seperti gula juga memengaruhi kelarutan pektin. Pektin merupakan campuran polisakarida dengan komponen utama polimer asam D-

galakturonat yang merupakan kumpulan molekul pektin dan mengandung gugus metil ester pada konfigurasi atom C-2.

Pektin merupakan golongan primer heterosakarida yang diperoleh dari dinding sel tumbuhan darat. Wujud pektin yang diekstrak adalah bubuk putih hingga coklat terang. Pektin pada sel tumbuhan merupakan penyusun lamela tengah, yaitu lapisan penyusun awal dinding sel. Sel-sel yang terdapat pada buah atau kulit buah, cenderung mempunyai kandungan pektin yang sangat banyak. Pektin merupakan senyawa yang dapat mengakibatkan suasana “lengket” apabila seseorang mengupas kulit buah (Sari dkk., 2012).

Berdasarkan kadar metoksilnya, pektin dibedakan menjadi 2, yaitu pektin yang mempunyai kadar metoksil tinggi (7 – 9%) dan pektin yang mempunyai kadar metoksil rendah (3 – 6%). Kadar metoksil didefinisikan sebagai jumlah mol metanol yang terdapat di dalam 100 mol asam galakturonat. Kadar metoksil pektin memiliki peranan penting dalam menentukan sifat fungsional larutan pektin dan dapat memengaruhi struktur dan testur dari gel pektin (Lozano, 2006).

Sifat penting pektin adalah kemampuannya membentuk gel. Pektin dengan kandungan metoksil tinggi dapat membentuk gel dengan gula dan asam, yaitu dengan konsentrasi 58 – 75% dan pH 2,8 – 3,5. Pembentukan gel terjadi melalui ikatan hidrogen di antara gugus karboksil bebas dan di antara gugus hidroksil. Pektin bermetoksil rendah tidak mampu membentuk gel dengan asam dan gula, tetapi dapat membentuk gel dengan adanya ion-ion kalsium (Chaplin, 2004).

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat Pelaksanaan

Penelitian dilaksanakan Lastrindo Engineering, Jalan Rajakwesi No. 11 Malang, Laboraturium TPPHP FTP UB Universitas Brawijaya Malang, Laboratorium Kimia FMIPA Universitas Brawijaya, dan Laboratorium Biokimia dan Analisa Pangan Universitas Brawijaya Malang mulai bulan Maret - Mei 2016.

3.2 Alat dan Bahan

3.1.1 Alat

Penelitian ini menggunakan alat F-RAY (*Fruit Spoilage Delay*) yang digunakan dalam proses *vacuum cooling* dan *edible coating* buah tomat. Adapun alat lain yang digunakan meliputi gelas baker (Herma), timbangan analitik (*Denver Instrumen M-310*), spatula, gelas ukur, labu ukur, *beaker glass*, Erlenmeyer, pipet ukur 10 ml, pipet tetes, *magnetic stirrer*, spatula, oven (*Memmert*), loyang alumunium, termometer, pemanas, kertas label, *alumunium foil*, corong plastik, dan pengaduk.

3.1.2 Bahan

Bahan yang digunakan meliputi tomat, pektin, gliserol dan CaCl_2 , NaHCO_3 , asam klorida, aquades, natrium hidroksida teknis, dan *ice tube*.

3.3 Metode Pendekatan Penelitian

Dalam penelitian tugas akhir ini digunakan metode pendekatan sebagai berikut.

A. Studi Literatur

Tahap penulisan diawali dengan studi pustaka mengenai aplikasi teknologi *vacuum cooling* dan *edible coating* yang telah ada sebelumnya. Dalam penyusunan tugas akhir ini pengumpulan data dilakukan dengan melakukan studi literatur (*library research*) dan penelusuran informasi digital dengan sasaran antara lain :

- a) Informasi Internet
- b) Pustaka-pustaka refrensi
- c) Pustaka Penunjang

B. Perancangan Penggunaan F-RAY Untuk Buah Tomat

Penelitian ini menggunakan alat F-RAY (*Fruit Spoilage Delay*) untuk aplikasi *vacuum cooling* sebagai *pre-treatment* sebelum dilakukan proses *coating*. F-RAY (*Fruit Spoilage Delay*) merupakan alat yang mengkombinasikan 2 komponen, yaitu *vacuum cooling* dan *edible coating*. Durasi penggunaan F-RAY (lama proses *vacuum cooling* dan proses pencelupan *edible coating*) berbeda untuk setiap bahan, dan F-RAY belum pernah di aplikasikan pada buah tomat sehingga perlu dilakukan penentuan lama waktu *vacuum cooling* dan *coating* yang cocok untuk buah tomat. Penentuan lama waktu didasarkan pada hasil studi literatur dan eksperimen. Adapun kenampakan alat F-RAY dapat dilihat pada **Gambar 3.1**.



Gambar 3.1 Kenampakan F-RAY

F-RAY memiliki 2 komponen utama, yaitu pompa vakum dan *chamber*. Komponen-komponen tersebut antara lain:

a. Pompa Vakum / *Vacuum Pump*

Vacuum pump terdiri dari dua bagian, yaitu pompa vakum dan kotak berisi air. Pompa vakum memiliki fungsi menghisap udara dalam *chamber* sehingga tekanan dalam *chamber* menjadi rendah / vakum. Kotak air berfungsi untuk menampung air yang akan mendinginkan mesin pompa vakum dan sebagai aliran fluida untuk menciptakan keadaan vakum pada *chamber*. Pompa vakum menggunakan sistem *water jet*. Kotak air pada pompa memiliki panjang 40 cm, lebar 21 cm, dan tinggi 22 cm. Ukuran tersebut tidak mengikat dan dapat diubah sesuai dengan kondisi di lapangan F-RAY ini didesain dengan fitur berupa 3 fungsi sekaligus, yakni membunuh mikroba dan memperlambat

kematangan buah lewat *Vacuum cooling*, serta melapisi buah dengan *edible coating*.

b. Tangki Proses / *Chamber*

Chamber adalah tempat proses berlangsungnya *Vacuum Cooling* dan pelapisan *edible coating*. Ruang *vacuum* dirancang agar mampu menahan tekanan rendah. Pompa *vacuum* berfungsi untuk mengeluarkan udara dari ruang *vacuum* sehingga tekanan dalam ruang *vacuum* dapat turun hingga dibawah tekanan atmosfer. Kemudian bagian bawah, terdapat cairan *edible coating* yang akan melapisi buah dengan proses perendaman.

3.4 Pelaksanaan Prosedur Penelitian

3.4.1 Tahap Persiapan Bahan Baku

Bahan baku yang akan digunakan pada penelitian ini mulai dipersiapkan seperti buah tomat ukuran berat 80-100 gram, bahan baku *edible coating* dan *ice tube*.

3.4.2 Tahap Pembuatan *Edible Coating*

Tepung pektin 0,5 g, 1 g, dan 2 g dilarutkan dengan aquades 100 ml sedikit demi sedikit sambil diaduk dengan pengaduk magnetik. Setelah tercampur, ditambahkan gliserol sebanyak 1 ml hingga larutan homogen. Selanjutnya larutan dipanaskan pada suhu 40°C dan diaduk selama 15 menit. Larutan didinginkan dengan suhu ruang dan diukur pH sampai 6 dengan penambahan larutan NaHCO₃ 0,5%. Kemudian ditambahkan CaCl₂ sebanyak 0,5% (b/v) dari bahan dan larutan diaduk hingga homogen.

3.4.3 Tahap Karakterisasi *Edible Coating*

Edible coating yang telah dibuat kemudian dikarakterisasi dengan melakukan analisa kadar air (AOAC, 2005), ketebalan (ASTM, 1983), kuat regang putus (ASTM, 1983), dan persen pemanjangan (ASTM, 1983) dengan rincian sebagai berikut.

A. Kadar Air (AOAC, 2005)

Sebanyak 1 gram pektin dikeringkan dalam oven pada suhu 100°C selama 4 jam. Selanjutnya didinginkan dalam desikator dan ditimbang sampai diperoleh bobot tetap. Rumus perhitungan kadar air adalah sebagai berikut:

$$\text{kadar air} = \frac{B1-B2}{B} \times 100\%$$

Keterangan:

B = Berat sampel (g)

B1 = Berat (sampel+cawan) sebelum dikeringkan (g)

B2 = Berat (sampel+cawan) setelah dikeringkan (g)

B. Pengukuran Ketebalan Metode Microcal Messmer (ASTM, 1983)

Film yang dihasilkan diukur ketebalannya dengan menggunakan *micrometer* dengan ketelitian 0.001 mm pada lima tempat yang berbeda. Nilai ketebalan diukur dari rata-rata lima pengukuran ketebalan.

C. Pengukuran Kuat Tarik dan Persentase Pemanjangan (ASTM, 1983)

Kuat tarik dan persentase pemanjangan diukur dengan menggunakan *Tensile Strength and Elongation Tester Industries* model SSB 0500 (Gambar 12c). Sebelum dilakukan pengukuran, *film* dikondisikan dalam desikator dengan RH 75% selama 24 jam. Nilai gaya maksimum untuk memotong *film* yang diukur dapat dilihat pada *display* alat. Kuat tarik ditentukan berdasarkan beban maksimum pada saat *film* pecah dan persentase pemanjangan didasarkan atas pemanjangan *film* saat *film* putus. Secara matematis hubungan tersebut dapat ditulis sebagai berikut :

$$\text{Kuat tarik} = \frac{F}{A}$$

Keterangan:

F: gaya kuat tarik (N)

A: luas penampang(mm²)

Persen pemanjangan dihitung dengan membandingkan panjang *edible film* saat putus dan panjang *edible film* sebelum ditarik oleh alat. Diagram alir proses karakterisasi kuat tarik dan elongasi *edible film* dapat dilihat pada Gambar 12a di bawah ini. Perhitungan persen pemanjangan tersebut dapat ditulis sebagai berikut:

$$\% \text{ Elongasi} = \frac{\text{Panjang akhir saat putus (cm)} - \text{Panjang awal (cm)}}{\text{Panjang awal (cm)}} \times 100\%$$

3.4.4 Penentuan Lama Waktu Penggunaan F-RAY Untuk Buah Tomat

A. Penentuan Lama Waktu *Vacuum Cooling*

Sistem *vacuum cooling* pada alat F-RAY diplikasikan dan diamati tingkat penurunan suhu yang dapat dicapai. Menurut Wang & Sun (2001) waktu *vacuum cooling* yang ideal untuk buah dan sayur yakni selama 3-10 menit. Pengujian dilakukan menggunakan air untuk melihat penurunan suhu yang terjadi dan dilakukan dengan durasi 20 menit. Dilakukan penghitungan susut bobot setiap interval 5 menit. Kemampuan sistem dalam menurunkan suhu menunjukkan performansi dari *vacuum cooling* dalam menurunkan suhu lapang bahan, kemudian hasil penurunan suhu dicatat setiap menit. Waktu *vacuum cooling* diambil dari durasi menit hingga tidak ada penurunan suhu lagi (suhu sudah konstan).

B. Penentuan Lama Waktu Perendaman *Edible Coating*

Lama waktu pencelupan tomat dalam *edible coating* didasarkan dari hasil studi literatur mengenai hasil penelitian tentang aplikasi *edible coating* pada buah tomat.

3.4.5 Tahap Perlakuan Kontrol dan Aplikasi F-RAY pada Buah Tomat

Pada tahap ini, dibuat 3 macam perlakuan, yaitu F-RAY diaplikasikan pada sampel buah tomat (Tf), sampel tomat control tanpa perlakuan (To), dan tomat perlakuan *coating* (Tc), sehingga terdapat tiga sampel buah tomat. Setelah diberi perlakuan yang berbeda, ketiga sampel tersebut disimpan pada suhu ruang. Variabel yang diamati dan diuji adalah umur simpan buah tomat. Umur simpan adalah waktu yang diperlukan oleh produk atau bahan pangan dalam kondisi penyimpanan untuk sampai pada suatu tingkatan mutu tertentu (Floros & Gnanasekharan, 2001).

3.4.6 Tahap Pengujian Buah Tomat

Tahap pengujian dilakukan pada sampel tomat To, Tc, dan Tf yang meliputi uji umur simpan menggunakan metode ASLT model Arrhenius, secara sensoris dan secara visual.

a. Metode ASLT Model Arrhenius (Labuza, 1982)

Pengujian dilakukan dengan cara produk disimpan dalam inkubator pada suhu 25°C, 35°C dan 45°C selama 20 hari. Pengamatan dilakukan setiap hari untuk setiap suhu penyimpanan. Parameter yang diuji untuk

pendugaan umur simpan metode ASLT model Arrhenius yaitu menggunakan data uji sensoris (tekstur, aroma, penampakan) dan uji kadar air. Penentuan umur simpan tomat ditentukan berdasarkan umur simpan paling pendek diantara parameter sensoris (tekstur, aroma, penampakan) dan kadar air. Rumus penentuan umur simpan sebagai berikut :

Jika mengikuti model laju kinetika ordo nol rumusnya sebagai berikut:

$$C_t - C_0 = Kt$$

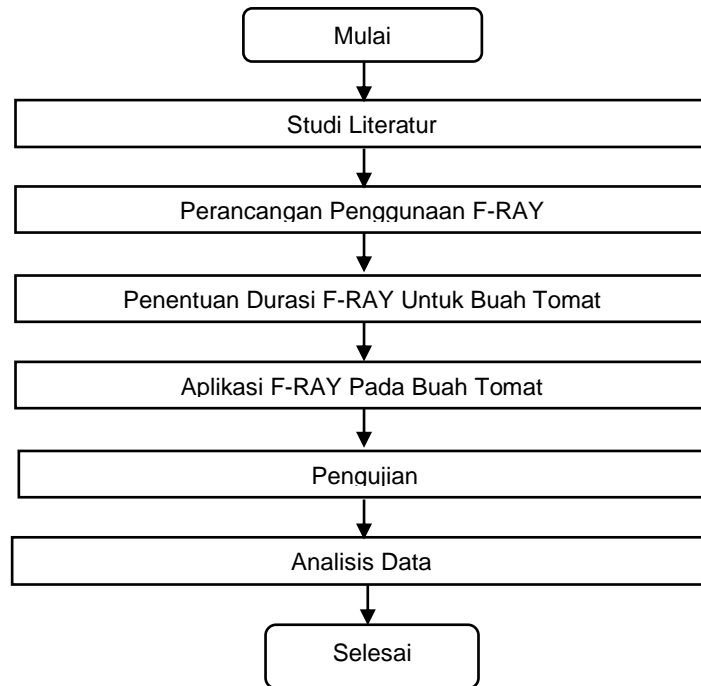
Selanjutnya apabila laju reaksi mengikuti ordo satu rumusnya adalah sebagai berikut :

$$\ln C_t = \ln C_0 + K \times t$$

Model Arrhenius dilakukan dengan menyimpan produk pangan dengan kemasan akhir pada minimal tiga suhu penyimpanan ekstrim. Percobaan dengan metode Arrhenius bertujuan untuk menentukan konstanta laju reaksi (k) pada beberapa suhu penyimpanan ekstrim, kemudian dilakukan ekstrapolasi untuk menghitung konstanta laju reaksi (k) pada suhu penyimpanan yang diinginkan dengan menggunakan persamaan Arrhenius. Dari persamaan tersebut dapat ditentukan nilai k (konstanta penurunan mutu) pada suhu penyimpanan umur simpan, kemudian digunakan perhitungan umur simpan sesuai dengan ordo reaksinya.

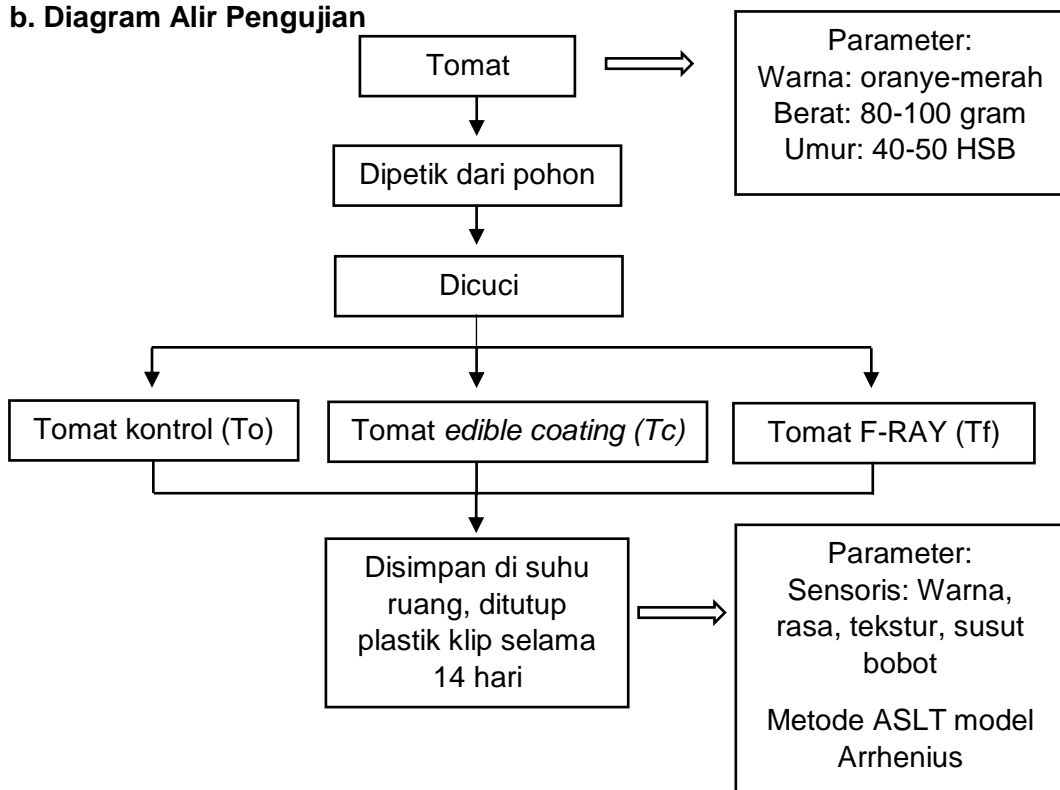
3.5 Diagram Alir Tahapan Kegiatan (tahap percobaan, parameter percobaan)

a. Diagram Alir Secara Umum



Gambar 3.2 Diagram alir tahapan kegiatan Penelitian

b. Diagram Alir Pengujian



BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Tahap Pembuatan *Edible Coating*

Pektin yang telah diproses dan diolah lebih lanjut telah menghasilkan *coating film* yang berwarna bening dan mampu melapisi suatu bahan. Kenampakan edible coating yang dihasilkan dapat dilihat pada **Gambar 4.1**



Gambar 4.1. *Edible Coating*

Edible coating yang dibuat memiliki karakteristik warna yang bening dan putih. Hasil penelitian Syarifuddin dan Yuniarta (2015) mengenai pembuatan *edible coating* dari pektin albedo jeruk bali menunjukkan bahwa karakteristik warna *edible coating* berwarna bening dan kekuningan. Perbedaan warna ini dikarenakan pektin yang digunakan pada penelitian ini berwarna putih sedangkan pektin albedo jeruk bali berwarna putih kekuningan, sehingga warna hasil pektin sedikit berbeda. Menurut Syarifuddin dan Yuniarta (2015) warna pektin mempengaruhi warna *edible coating* yang dihasilkan dan semakin tinggi konsentrasi pektin, warna *edible coating* akan cenderung mendekati warna pektin yang digunakan.

4.2 Karakterisasi *Edible coating*

Edible coating yang digunakan terbuat dari bahan pektin dikarakterisasi di Laboratorium Kimia FMIPA Universitas Brawijaya. Hasil karakterisasi *edible coating* yang dibandingkan dengan *edible coating* penelitian terdahulu ditunjukkan pada **Tabel 4.1**.

Tabel 4.1. Hasil karakterisasi *edible coating* dibanding penelitian terdahulu

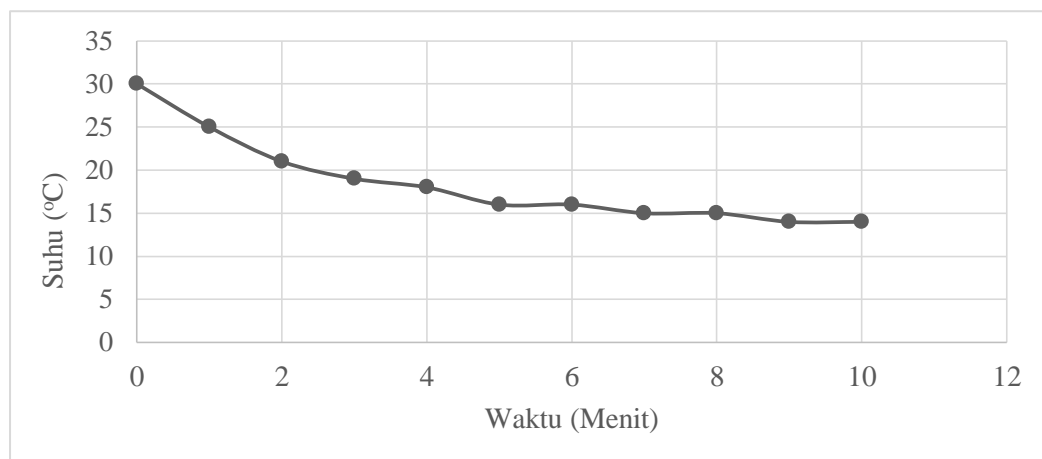
Parameter	<i>Edible Coating</i>	Penelitian terdahulu (Alexandra dan Nurlina, 2014)
Kadar air (%)	10,86	9,96
Ketebalan Film (mm)	0,25	0,38
Kuat regang putus (N/cm ²)	4,46	5,12
Persen pemanjangan (%)	53,11	55,25

Pada **tabel 4.1** dapat dilihat bahwa *edible coating* dari pektin yang dibuat memiliki karakteristik yang hampir sama dengan *edible coating* pektin dari penelitian terdahulu, sehingga *edible coating* sudah sesuai dan dapat digunakan untuk melapisi buah tomat.

4.3 Penentuan Lama Waktu Penggunaan F-RAY Untuk Buah Tomat

A. Penentuan Lama Waktu *Vacuum Cooling*

Pengujian performansi *vacuum cooling* dilakukan untuk mengetahui kemampuan rangkaian alat *vacuum* pada F-RAY dalam menurunkan suhu. Hasil pengujian menunjukkan bahwa pompa dapat menurunkan tekanan pada *chamber* dari 76 cmHg hingga sekitar 3 cmHg (3.99 kPa) serta mendidihkan air pada suhu 30°C. Menurut literatur, air yang berada dalam tabung dengan tekanan 3.187 cmHg akan mendidih pada suhu 30°C dan suhu air akan menurun (Zhang *et al.*, 2009). Hal ini dikarenakan penurunan tekanan pada titik tertentu dapat menurunkan titik didih air hingga batas tertentu. Proses pendidihan air ini mengakibatkan adanya penurunan suhu air. Berikut ini grafik penurunan suhu dalam *chamber* yang ditunjukkan pada **Gambar 4.2**.



Gambar 4.2 Grafik hubungan antara lama waktu *vacuum cooling* dengan penurunan suhu air

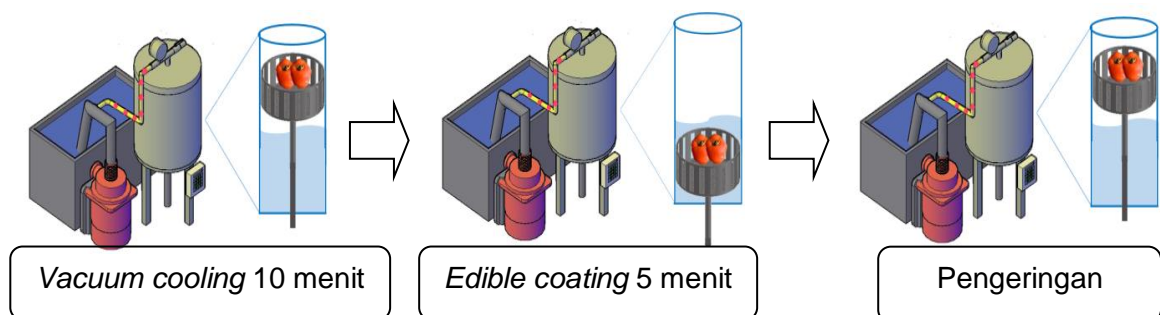
Pada **Gambar 4.2**, dapat dilihat bahwa terjadi penurunan suhu pada air setelah dilakukan proses *vacuum cooling*. Suhu awal air (menit ke 0) sebesar 30°C yang kemudian diproses dengan menggunakan *vacuum cooling* telah mengalami penurunan pada menit ke 5 menjadi 16°C, dan hingga 14°C pada menit ke 10. Menurut Wang & Sun (2001) waktu *vacuum cooling* yang ideal untuk buah dan sayur yakni selama 3-10 menit. Suhu air terus mengalami penurunan hingga menit ke 10, sehingga ditentukan bahwa durasi waktu proses *vacuum cooling* akan dilakukan selama 10 menit.

B. Penentuan Lama Waktu Perendaman *Edible Coating*

Proses *coating* pada buah harus dilakukan dalam durasi waktu yang sesuai. Hasil penelitian Alexandra dan Nurlina (2014) tentang aplikasi *edible coating* berbahan baku pektin pada buah tomat, menunjukkan bahwa perlakuan pencelupan *edible coating* selama 5 menit menunjukkan hasil yang paling efektif, sehingga proses pencelupan buah tomat akan dilakukan selama 5 menit.

4.4 Tahap Aplikasi

Proses eksperimen dan studi literatur sebelumnya, telah menunjukkan bahwa proses *vacuum cooling* dilakukan selama 10 menit dan proses *coating* selama 5 menit sehingga total waktu penggunaan F-RAY selama 15 menit untuk satu kali proses. Mekanisme kinerja F-RAY dapat dilihat pada **Gambar 4.3**.

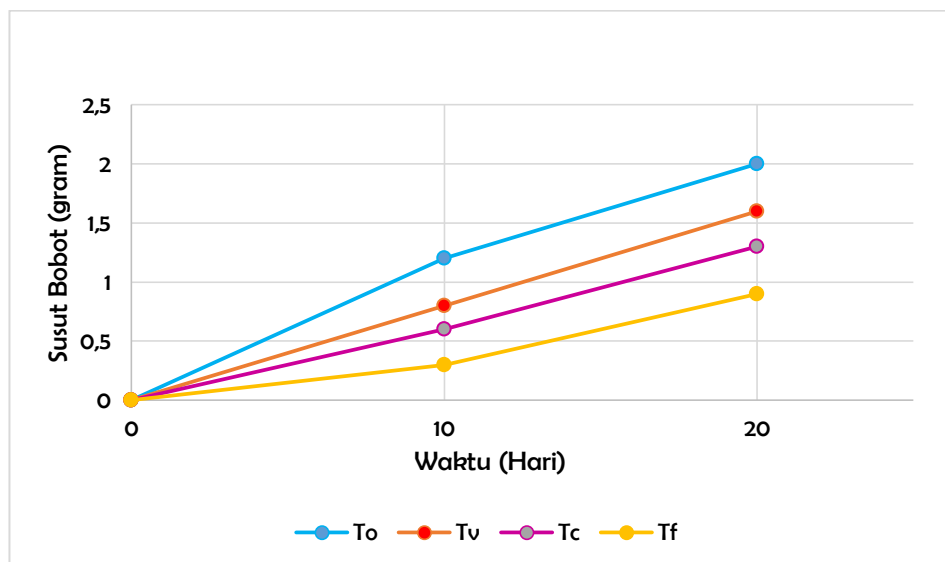


Gambar 4.3. Mekanisme alat F-RAY

4.5 Tahap Pengujian

Pada tahap ini, dilakukan pengujian awal kepada tomat dengan 4 perlakuan yang berbeda, yaitu tomat kontrol tanpa perlakuan (T_0), tomat dengan

proses *coating* saja (T_c), tomat dengan proses *vacuum cooling* saja (T_v), dan tomat dengan aplikasi F-RAY (T_f). Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui tomat yang mengalami susut bobot terkecil antara perlakuan *coating*, *vacuum cooling*, dan F-RAY dibandingkan dengan kontrol. Kemudian, 4 tomat tersebut disimpan di suhu ruang dengan kondisi ditutup plastic klip selama 20 hari dan diukur susut bobotnya selama 20 hari. Grafik susut bobot yang dialami 4 tomat dengan perlakuan berbeda tersebut dapat dilihat pada **Gambar 4.4**.

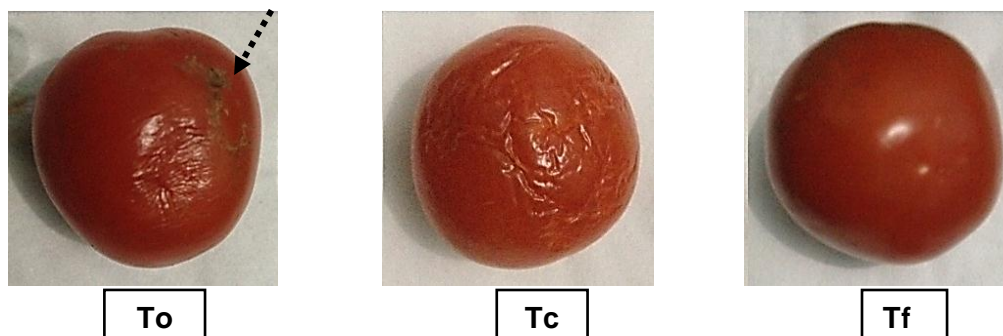


Gambar 4.4 Pengaruh perlakuan terhadap susut bobot

Berdasarkan hasil pengujian tersebut, didapatkan hasil bahwa tomat yang mengalami susut bobot terkecil adalah tomat dengan perlakuan F-RAY (T_f). Jika dibandingkan dengan tomat kontrol (T_o), susut bobot tertinggi ada pada tomat dengan perlakuan *vacuum cooling* saja (T_v). Menurut Rao (2015), *vacuum cooling* memiliki dua keunggulan utama, yaitu laju pendinginan cepat dan sebaran suhu seragam pada seluruh bahan sehingga dapat memperlambat laju respirasi pada buah. Namun, tomat yang hanya diberi perlakuan *vacuum cooling* tidak memiliki proteksi kontaminasi dari luar sehingga mengalami susut bobot yang lebih tinggi dibandingkan tomat *coating* (T_c) dan tomat F-RAY (T_f).

Kemudian, dilakukan uji umur simpan dilakukan secara visual, kimiawi dan sensoris kepada 3 perlakuan tomat, yaitu pada tomat kontrol (T_o), tomat *coating* (T_c), dan tomat dengan perlakuan F-RAY (T_f). Pada pengujian secara visual, 3 sampel tomat disimpan pada suhu ruang dan diamati perubahan yang terjadi setiap harinya. Pada pengujian secara visual dicatat perubahan

pertama kali pada penampakan tomat yang sudah berkerut. Kerutan pada tomat menandakan perubahan visual tomat yang tidak diinginkan. Hasil pengujian umur simpan secara visual dapat dilihat pada **Gambar 4.5**.



Gambar 4.5. Hasil pengujian umur simpan pada tomat (To) tanpa perlakuan umur 6 hari, (Tc) perlakuan *edible coating* umur 9 hari, dan (Tf) perlakuan F-RAY umur 13 hari

Hasil pengujian umur simpan buah tomat secara visual ada pada **Gambar 4.5**. Terdapat perbedaan antara tomat tanpa perlakuan (To), dengan perlakuan *edible coating* (Tc), dan dengan perlakuan alat F-RAY (Tf). Setelah dilakukan penyimpanan selama 6 hari pada suhu ruang, tomat tanpa perlakuan (To) sudah mulai melunak dan muncul bercak hitam (ditunjuk oleh panah hitam). Ini menunjukkan bahwa umur simpan tomat tanpa perlakuan sekitar 6 hari. Setelah penyimpanan diteruskan selama 9 hari, tomat yang telah diberi perlakuan *edible coating* saja kulitnya mulai mengkerut dan teksturnya berubah menjadi sangat lunak. Ini menunjukkan bahwa umur simpan tomat perlakuan *edible coating* saja sekitar 9 hari. Hingga pada proses penyimpanan 13 hari, tomat perlakuan F-RAY masih baik dan segar.

Hasil pengujian umur simpan secara sensoris (warna, rasa, dan tekstur) dan metode ASLT model Arrhenius dapat dilihat pada **Tabel 4.2**. Pengujian secara sensoris (warna, rasa dan tekstur) selanjutnya dilakukan pada 3 sampel buah tomat dengan menggunakan 20 panelis. Tomat perlakuan alat F-RAY (Tf) dengan metode ASLT model Arrhenius memiliki umur simpan hingga 18 hari, sedangkan tomat tanpa perlakuan (To) dan perlakuan *edible coating* yang hanya memiliki umur simpan 8 dan 10 hari. Hasil uji sensoris menunjukkan bahwa daya terima panelis terhadap karakteristik warna dan rasa pada tomat perlakuan alat F-RAY (Tf) mencapai 14 hari penyimpanan dan 13 hari untuk kenampakan

tekstur. Sampel tomat dengan perlakuan *edible coating* memiliki daya terima panelis selama 9 hari penyimpanan baik untuk warna, rasa dan juga tekstur. Sampel tomat tanpa perlakuan memiliki daya terima secara sensoris paling pendek, yaitu 7 hari untuk warna serta 6 hari untuk rasa dan tekstur. Hasil pengujian menunjukkan umur simpan buah tomat perlakuan F-RAY jauh lebih lama dari pada tomat tanpa perlakuan (To) yang hanya memiliki daya terima panelis selama 6-7 hari penyimpanan. Secara keseluruhan, tomat perlakuan F-RAY (Tf) memiliki umur simpan 13 hari 2 kali lebih lama dari tomat tanpa perlakuan (To) yang hanya memiliki waktu simpan 6 hari. Penentuan umur simpan 3 sampel buah tomat dilakukan berdasarkan variabel yang memiliki hasil waktu umur simpan terpendek, yaitu variabel tekstur dan rasa sehingga tomat perlakuan F-RAY memiliki umur simpan selama 13 hari, tomat perlakuan *edible coating* selama 9 hari dan tomat tanpa perlakuan selama 6 hari.

Tabel 4.2. Perbandingan hasil uji umur simpan buah tomat tanpa perlakuan, perlakuan *edible coating* dan buah tomat perlakuan F-RAY

PERLAKUAN	Umur Simpan (Hari)			
	Metode	Sensoris		
	ASLT Model			
	Arrhenius	Warna	Rasa	Tekstur
Tanpa Perlakuan (To)	8	7	6	6
<i>Edible Coating</i> (Tc)	10	9	9	9
F-RAY (Tf)	18	14	14	13

Menurut Shewfelt & Phillips (1996) Buah segar selepas dipanen masih mengalami proses respirasi, transpirasi, dan pelayuan. Kualitas buah segar akan semakin memburuk diakibatkan adanya panas lapang, sehingga panas lapang harus segera diturunkan (Gormley, 1975). Penurunan suhu dapat memperpanjang umur simpan (Cheyney *et al.*, 1979), dan *vacuum cooling* dapat menurunkan suhu dengan cara mengurangi atau menurunkan panas lapang buah (Gormley, 1975), sehingga umur simpan buah lebih lama. Sedangkan *edible coating* dapat berfungsi sebagai penghambat transfer massa pada buah (misalnya kelembapan, oksigen, lipida dan zat terlarut) sehingga dapat menghambat proses respirasi dan memperlambat kehilangan massa atau susut

bobot (Syarifuddin & Yuniarta, 2015). Kombinasi *vacuum cooling* dan *edible coating* membuat F-RAY dapat memperpanjang umur simpan buah tomat.

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Pre-treatment vacuum cooling sebelum proses *coating* buah tomat memberikan pengaruh terhadap umur simpan buah tomat. F-RAY dapat digunakan sebagai alat preservasi buah tomat berbasis *vacuum cooling* dan *edible coating* yang dapat digunakan selama 15 menit. Penggunaan F-RAY mampu memperpanjang umur simpan buah tomat hingga mencapai 13-14 hari, 2 kali lebih panjang jika dibandingkan dengan tomat tanpa perlakuan yakni selama 6-7 hari. Hal ini membuktikan bahwa proses *pre-treatment vacuum cooling* dan proses *coating* buah tomat menggunakan alat F-RAY memberikan pengaruh terhadap masa umur simpan buah tomat dan dapat memperpanjang umur simpan buah secara signifikan.

5.2 Saran

Perlu dilakukan percobaan *pre-treatment vacuum cooling* dan *edible coating* pada buah lain yang nonklimakterik menggunakan alat F-RAY untuk melengkapi data sehingga dapat diaplikasikan ke petani buah-buahan.

DAFTAR PUSATAKA

- Alexandra, Yongki dan Nurlina. 2014. **Aplikasi Edible Coating Dari Pektin Jeruk Songhi Pontianak (*Citrus nobilis* var *Microcarpa*) Pada penyimpanan Buah Tomat**. Program Studi Kimia Universitas Tanjungpura. Pontianak.
- AOAC. 2005. **Official Methods of Analysis**. Association of Official Analytical Chemists. Benjamin Franklin Station, Washington.
- Apandi. M. 1984. **Teknologi Buah dan Sayur**. Penerbit Alumni, Bandung.
- Arteca, R. N. 2015. **Introduction of Horticultural Science**. Stamford: Cengage
- Astuti, M. 2009. **Pendinginan Dan Pembekuan Bahan Makanan**. Pusat Antar Universitas Pangan Dan Gizi, Yogyakarta.
- Baldwin, E. A. 1994. **Edible coatings and films to improve food quality**. Technomic Publ. Co.
- Canene, A. K., Clinton, S. K., King, J. L., Lindshield, B. L., Wharton C., Jeffery, E. & Erdman, J. W. Jr. 2004. **The growth of the Dunning R-3327-H transplantable prostate adenocarcinoma in rats fed diets containing tomato, broccoli, lycopene, or receiving finasteride treatment**. *FASEB J.* 18: A886 (591.4).
- Chaplin M. 2004. **Pektin**. [on line]. <http://www.lsbu.ac.uk/water/> [25 September 2017].
- Cheyney, C. C., Kasmire, R. F., & Morris, L. L. 1979. **Vacuum cooling wrapped lettuce**. *California Agriculture*, 10, 18±19.
- Darwin, H. P.. 2003. **Changes in ascorbic acid and lycopene during storage of tomato slices**. In: **Food Safety, Quality Assurance and Environmental Sustainability, Emerging Challenges Confronting the Postharvest Sector**. *Food Safety, Quality Assurance & Env. Sustainability*, Nusa Dua, Bali. Indonesia.
- Desrosier, N. W. 1969. **Technology of Food Preservation**. New York : AVI Publishing Company, Inc.
- Febriansah R, Indriyani L, Dyah K, Ikawati M. **Tomat (*Solanum lycopersicum*) sebagai agen kemopreventif potensial, Cancer Chemoprevention Research Centre [internet]**. 2012 [disitasi tanggal 19 Desember 2017]. Tersedia dari http://ccrc.farmasi.ugm.ac.id/wpcontent/uploads/rifki_tomat-paper.pdf

- Fitriani, V. 2003. **Ekstraksi dan Karakterisasi Pektin dari Kulit Jeruk Lemon (*Citrus medica var Lemon*)**. Skripsi. Institut Pertanian Bogor. Bogor
- Floros, J. D., & Gnanasekharan, V. 1993. **Shelf life prediction of packaged foods: chemical, biological, physical, and nutritional aspects**. G. Chlaralambous.
- Ghasemzadeh, M., Cano., Gusek, T. and Y.H. Hui. 2008. **Handbook Of Fruits And Fruits Processing**. Blackwell Pub.Limited. California. USA.
- Ghasemzadeh, R., A. Karbassi and H.B. Ghoddousi. 2008. **Application of edible coating for improvement of quality and shelf-life of raisins**. World Applied Sciences Journal. 3 (1): 82-87.
- Glicksman, M. 1969. **Gum Technology in Food Industry**. New York: Academic Press, New York.
- Gormley, T. R. 1975. **Vacuum cooling and mushroom whiteness**. Mushroom Journal, 27, 84, 86.
- Heuvelink, E. (Ed.). 2005. **Tomatoes (Vol. 13)**. CABI.
- Herbstreith, F. 2005. **The Specialist for Pectin**. Confectionery Production. Novenburg.
- Jones, B Jr. 2008. **Tomato Plant Culture. In the field, Greenhouse and Home Garden**. CRC Press. New York. 399 p.
- Kader, A.A.. 2000. **Small-Scale Postharvest Handling Practices. A Manual For Horticultura Crops.3rd Edition**. Department Of Pomology University Of California. Davis, California 956616.
- Krochta and D, M, Johnston. 1997. **Edible and Biodegradable Polymers Film: Changes & Opportunities**. Food Technology 51.
- Labuza,T.P., 1982. **Shelf Life Dating of Foods**. Food and Nutrition Press, USA.
- Langkong, J. 2017. **Penerapan Teknologi Tepat Guna Pada Pengolahan Buah Dan Sayur Di Desa Pasui Kecamatan Buntu Batu Kabupaten Enrekang Sulawesi Selatan**. Jurnal Administrasi dan Kebijakan Kesehatan Indonesia, 1(1), 16-27.
- Lippert, F., & Blanke, M. M. 2004. **Effect of mechanical harvest and timing of 1-MCP application on respiration and fruit quality of European plums *Prunus domestica* L.** Postharvest biology and technology, 34(3), 305-311.
- Lozano, J. E. 2006. **Fruit manufacturing**. Springer Science+ Business Media, LLC.
- Nusa, M. I. 2015. **Evaporative Cooling Technology To Prolong Shelf Life**

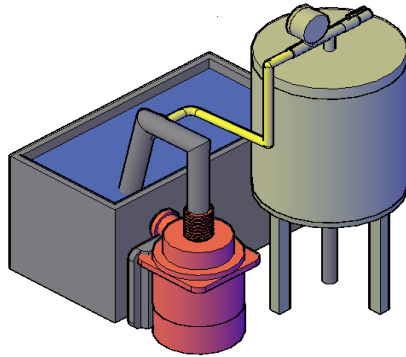
- Storage Of Fresh Fruits And Vegetable.** Jurnal Ilmu Pertanian" Agrium", 19(3).
- Nollet, L.M.L. 2004. **Handbook of Food Analysis: Second Edition, Revised and Expanded Volume 1.** Basel: Marcel Dekker, Inc.
- Pantastico. 1986. **Postharvest Handling and Utilization Of Tropical and Subtropical Fruits and Vegetables.** Terjemahan Kamarayani dalam Fisiologi Pascapanen, Penanganan dan Pemanfaatan Buah-buahan Tropika dan Subtropika. Gajah Mada Press, Yogyakarta.
- Perez-Gago, M. B., Rojas, C., & DelRio, M. A. 2002. **Effect of Lipid Type and Amount of Edible Hydroxypropyl Methylcellulose-lipid Composite Coatings Used to Protect Postharvest Quality of Mandarins cv. Fortune.** Journal of food science, 67(8), 2903-2910.
- Pitt, J. I., & Ailsa, D. H. 2009. **Spoilage of stored, processed and preserved foods fungi and food spoilage.** *Springer Science Business Media*, 200, 401-421.
- Rao, C.G., 2015. **Engineering for Storage of Fruits and Vegetables: Cold Storage, Controlled Atmosphere Storage, Modified Atmosphere Storage.** Academic Press.
- Rupasinghe, H. V., Boulter-Bitzer, J., Ahn, T., & Odumeru, J. A. 2006. **Vanillin inhibits pathogenic and spoilage microorganisms in vitro and aerobic microbial growth in fresh-cut apples.** Food Research International, 39(5), 575-580.
- Sari, E., Praputri, E., Rahmat, A. dan Arif Okdiansyah. 2012. **Peningkatan Kualitas Pektin dari Kulit Kakao melalui Metode Ekstraksi dengan Penambahan NaHSO₃.** *PROSIDING SNTK TOPI 2012*. Pekanbaru, 11 Juli 2012. ISSN. 1907 – 0500.
- Shewfelt, R. L., & Phillips, R. D. 1996. **Seven principles for better quality of refrigerated fruits and vegetables.** *Refrigeration Science and Technology Proceedings. New Developments in Refrigeration for Food Safety and Quality* (pp. 231±236). Lexington, Kentucky.
- Soesarsono, W. 1981. **Penyimpanan Buah-buahan, Sayur-sayuran, dan Bunga-bunga.** Jurusan Teknologi Industri Pertanian. Fakultas Teknologi Pertanian. Institut Pertanian Bogor.
- Suprpti, Lies. 2004. **Dasar – dasar Teknologi Pangan.** Surabaya: Penerbit Vidi Ariesta.

- Syarifuddin, A. & Yunianta. 2015. **Characterization of Edible Film from Grapefruit Albedo Pectin and Arrowroot Starch.** Pangan dan Agroindustri, 3(4), pp.1538–1547.
- Towle, G. A dan Chrstensen. 1973. **Pectin.** Dalam R. L. Whistler (ed.) *Industri Gum*, pp. 429. New York: Academic Press
- Utama, M.S. 2001. **Faktor-faktor yang Berpengaruh Terhadap Mutu Pascapanen Buah dan Sayuran.** *Postharvest Workshop, Kerjasama ECFED Program Texas A & M University dan UNUD, Bedugul, Candikuning.*
- Wahyuningsih, S., & Mahfut. 2008. **Pengaruh Mutagen Insektisida Berbahan Aktif Profenofos Terhadap Viabilitas Serbuk Sari dan Produksi Buah Tanaman Tomat (*Lycopersicum esculentum* Mill.).** Fakultas MIPA Universitas Lampung Jurnal Sains MIPA, 14(2), pp. 119-125.
- Wang, L. and Sun, D.W., 2001. **Rapid cooling of porous and moisture foods by using vacuum cooling technology.** Trends in Food Science & Technology, 12(3), pp.174-184.
- Wills, R.H.H., Lee, T.H., Graham. D, Mc Glasson. W.B., and Hall E.G. 1981. **Postharvest an Introduction to The Physiology and Handling Of Fruit and Vegetables.** New South Wales University Press
- Winarno FG. 2004. **Kimia Pangan dan Gizi.** Jakarta : Gramedia
- Wong, D. W., Camirand, W. M., & Pavlath, A. E. 1994. **Development of edible coatings for minimally processed fruits and vegetables.** Edible coatings and films to improve food quality, 65-88.
- Yanti, N., Astika I., Fakhrina. 2016. **Panen Dan Pasca Panen Tomat (*Lycopersicum esculentum*) Dalam Mendukung Model Kawasan Rumah Pangan Lestari Di Kabupaten Badung.** Banjarbaru: *Prosiding Seminar Nasional Inovasi Teknologi Pertanian*
- Zhang, S.W., Talib, A.A., Mokhtar, A.S. & Kamal, S.M., 2009. **Design improvement in vacuum cooling system.** International Journal of Engineering and Technology, 6(1), pp.51-59.

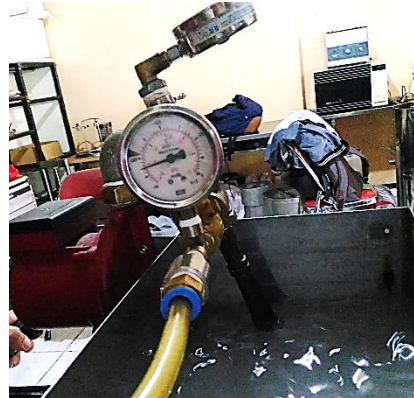
LAMPIRAN

Lampiran 1. Dokumentasi Kegiatan

1 Pendesainan Alat



2 Perangkaian Alat



3 Pengujian Alat



4 Pengukuran Suhu Buah Tomat



Lampiran 2. Data Hasil Uji

- Susut bobot terhadap waktu

Waktu (Hari)	Susut Bobot (gram)			
	To	Tv	Tc	Tf
0	0	0	0	0
10	1,2	0,8	0,6	0,3
20	2	1,6	1,3	0,9

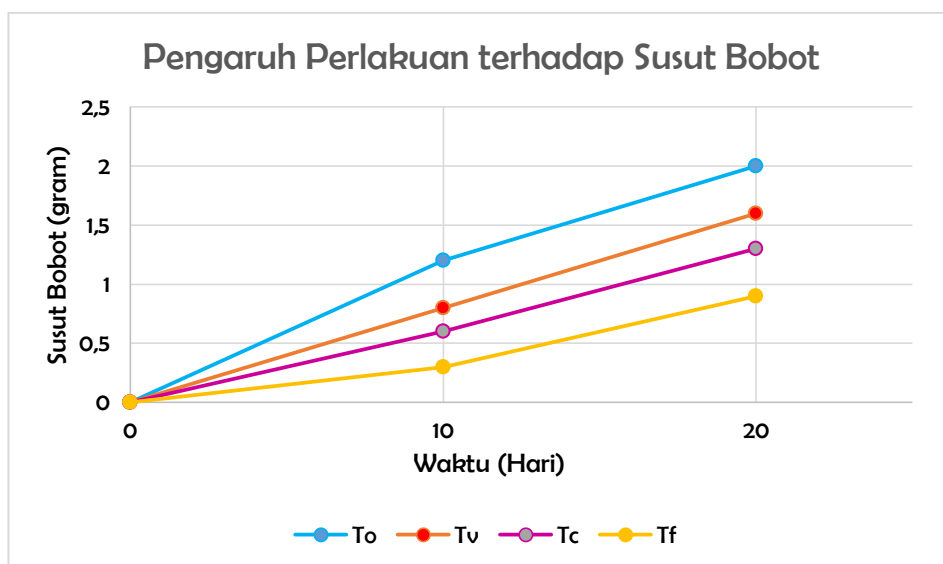
Keterangan

To = tomat kontrol

Tv = tomat *vacuum cooling*

Tc = tomat *edible coating*

Tf = tomat F-RAY



- Data pengujian umur simpan

PERLAKUAN	Umur Simpan (Hari)			
	Metode Arrhenius	Sensoris		
		Warna	Rasa	Tekstur
Tanpa Perlakuan	8	7	6	6
F-RAY	18	14	14	13